

**Das Verhalten des Musculus rectus femoris
bei der Infantilen Cerebralparese
Elektromyointegratorische Untersuchungen
vor und nach Verbund mit dem Musculus ileopsoas**

Werner Kirsch

1978



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549025_0008

Aus der Orthopädischen Klinik der Universität München

Direktor: Prof. Dr. A.N. Witt

Das Verhalten des Musculus rectus femoris
bei der Infantilen Cerebralparese.

Elektromyointegratorische Untersuchungen vor und nach Verbund
mit dem Musculus ileopsoas.

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München



vorgelegt von
Werner Kirsch
aus
München

1978

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin
der Universität München

Berichterstatter: Priv.Do. Dr. S. Stotz

Mitberichterstatter: Prof. Dr. A. N. Witt

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 19.12.1978



1. Einleitung	1
2. Aufgabenstellung	2
3. Methodik	3
4. Ergebnisse	4
5. Diskussion	5
6. Zusammenfassung	6
7. Literaturverzeichnis	7
8. Anhang	8
9. Glossar	9
10. Index	10
11. Bibliographie	11
12. Literaturverzeichnis	12
13. Anhang	13
14. Glossar	14
15. Index	15
16. Bibliographie	16
17. Literaturverzeichnis	17
18. Anhang	18
19. Glossar	19
20. Index	20
21. Bibliographie	21
22. Literaturverzeichnis	22
23. Anhang	23
24. Glossar	24
25. Index	25
26. Bibliographie	26
27. Literaturverzeichnis	27
28. Anhang	28
29. Glossar	29
30. Index	30
31. Bibliographie	31
32. Literaturverzeichnis	32
33. Anhang	33
34. Glossar	34
35. Index	35
36. Bibliographie	36
37. Literaturverzeichnis	37
38. Anhang	38
39. Glossar	39
40. Index	40
41. Bibliographie	41
42. Literaturverzeichnis	42
43. Anhang	43
44. Glossar	44
45. Index	45
46. Bibliographie	46
47. Literaturverzeichnis	47
48. Anhang	48
49. Glossar	49
50. Index	50
51. Bibliographie	51
52. Literaturverzeichnis	52
53. Anhang	53
54. Glossar	54
55. Index	55
56. Bibliographie	56
57. Literaturverzeichnis	57
58. Anhang	58
59. Glossar	59
60. Index	60
61. Bibliographie	61
62. Literaturverzeichnis	62
63. Anhang	63
64. Glossar	64
65. Index	65
66. Bibliographie	66
67. Literaturverzeichnis	67
68. Anhang	68
69. Glossar	69
70. Index	70
71. Bibliographie	71
72. Literaturverzeichnis	72
73. Anhang	73
74. Glossar	74
75. Index	75
76. Bibliographie	76
77. Literaturverzeichnis	77
78. Anhang	78
79. Glossar	79
80. Index	80
81. Bibliographie	81
82. Literaturverzeichnis	82
83. Anhang	83
84. Glossar	84
85. Index	85
86. Bibliographie	86
87. Literaturverzeichnis	87
88. Anhang	88
89. Glossar	89
90. Index	90
91. Bibliographie	91
92. Literaturverzeichnis	92
93. Anhang	93
94. Glossar	94
95. Index	95
96. Bibliographie	96
97. Literaturverzeichnis	97
98. Anhang	98
99. Glossar	99
100. Index	100

Herrn Dr. Hellmut Eckhardt

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. <u>Einleitung</u>	1
B. <u>Literaturübersicht</u>	3
1.) Die infantile Cerebralparese	3
a.) Geschichte, Begriffsbestimmung und Ätiologie	3
b.) Diagnose	7
c.) Therapie	8
2.) Elektromyographie und Elektromyointegration	14
a.) Elektromyographie	14
b.) Elektromyographie bei der ICP	15
c.) Elektromyointegration	16
d.) Die Elektromyointegration in der Anwendung beim Spastiker	17
C. <u>Eigene Untersuchungen</u>	20
1.) Methodik:	20
a.) Untersuchungsgut	20
b.) Untersuchungsbedingungen	23
c.) Fehlerquellen	31
d.) Die angewandte statistische Methode	32
2.) Ergebnisse:	35
D. <u>Diskussion</u>	47
E. <u>Zusammenfassung</u>	50
F. <u>Literaturverzeichnis</u>	52

A. E i n l e i t u n g

Die Infantile Cerebralparese ist - neben der Epilepsie und dem Schwachsinn - eines der häufigsten neuropädiatrischen Krankheitsbilder. Man rechnet mit 0,1 bis 0,2% Morbidität der Bevölkerung. Knaben sind etwas häufiger betroffen als Mädchen (Matthes, 44). Im amerikanischen Schrifttum wird die Häufigkeit sogar mit 0,2 bis 0,4% angegeben (Phelps, Hopkins, Cousins, 54). Allerdings kann hier ein Nomenklaturproblem die Zahlen beeinflusst haben, da die Amerikaner den Begriff der Cerebral palsy auch auf andere Krankheitsbilder ausdehnen (Matthes, 44).

Die Zahl der bekannten Fälle hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Dies ist in den entwickelten Ländern auf die bessere Information der Eltern und Ärzte, die Früherkennung und die allgemeine Kenntnis wirksamerer Behandlungsmöglichkeiten zurückzuführen. Die Zusammenfassung der Behinderten in speziellen Spastikerzentren - wie es in München mit staatlicher und privater Förderung besteht - haben besonders in den letzten 20 Jahren eine stürmische Entwicklung ausgelöst. Die Erforschung der Erkrankung wurde intensiviert. Eine Koordination der vielfältigen Behandlungsverfahren war möglich, und damit konnte eine Chancenverbesserung für die Behinderten erreicht werden.

Der Anstieg der Patientenzahl in den letzten Jahren ist nicht nur durch eine bessere Erfassung des Patienten infolge staatlicher Förderung und verbesserter Aufklärung der Bevölkerung bedingt. Er hat vielmehr seine Ursache auch in einem realen Anstieg der überlebenden Risikokinder. Dies ist begründet durch die Fortschritte der Perinatologie, die bessere Betreuung der Schwangeren und die Erfolge in der Behandlung der Frühgeborenen. Durch diese Problematik gewinnt die Erforschung der Infantilen Cerebralparese besondere Aktualität.

Durch die Entwicklung der Elektromyographie und Elektromyointegration (v. Eiff, 18) können an den großen Patientenkollektiven der modernen Zentren Langzeitbeobachtungen und objektive Aussagen über einzelne Behandlungsverfahren gemacht werden. Besonders aus dem Münchner Zentrum (Ärztl. Direktor: Prof. Dr. A. Göb) sind seit 1965 zahlreiche Arbeiten zu diesem Thema erschie-

nen.

In der hier vorgelegten Dissertation soll die Wirksamkeit einer von Göb seit 1965 (24) angewandten Operationsmethode zur Behebung der Hüft-Fehlstellung des Spastikers untersucht werden. Es handelt sich um den Rectus-Ileopsoasverbund. Wir beschränken uns auf die Untersuchung des Musculus rectus femoris in Ruhe und Funktion - vor und nach Verbund mit dem Ileopsoas. Der Ileopsoas wurde bereits in ähnlicher Weise geprüft (Stotz, 65).

B. L i t e r a t u r ü b e r s i c h t

1. Die infantile Cerebralparese.

a.) Geschichte, Begriffsbestimmung und Ätiologie.

Vor 118 Jahren wurde von W.J. Little (42) zum ersten Mal das Krankheitsbild der Infantilen Cerebralparese beschrieben. Little sah in der Störung der Sauerstoffversorgung des Gehirns und der Blutzirkulation die Hauptursachen der Schädigung. Diese Ansicht korreliert durchaus mit den heutigen Erkenntnissen.

Zur Abgrenzung des Krankheitsbildes gilt die Definition von Hallervorden (29): Infantile Cerebralparesen sind stationäre Endzustände von Krankheiten, die das unreife Gehirn betroffen haben und Störungen des motorischen Systems verursachen, wobei fakultativ eine Kombination mit anderen zentralnervösen Erscheinungen, wie sensorischen und sensiblen Ausfällen, psychischen Störungen, Epilepsien vorliegen kann. Damit ist das Krankheitsbild gegenüber allen späteren Störungen, welche das Gehirn nach der Ausreifung (4. Lebensjahr) betreffen, klar abgegrenzt. In der amerikanischen Literatur ist die Definition weiter gefaßt. Darin liegt wohl auch die Ursache für die doppelt so hohen Morbiditätsziffern.

Die 4 Gemeinsamkeiten der einzelnen Erscheinungsformen des Krankheitsbildes sind: 1. Die cerebral bedingte Motilitäts- und Hal-
tungsstörung. 2. Die Unreife des ZNS beim Eintreten der Läsion. 3. Die fehlende Progredienz der zugrundeliegenden Läsion. 4. Die Kombination mit weiteren Symptomen frühkindlicher Hirnschäden.

Klassifikation:

Bei dem vorhandenen Formenreichtum ist es zu zahlreichen Einteilungen und Abgrenzungen einzelner Krankheitsbilder gekommen. Gebräuchlich und überschaubar sind folgende:

Nach Art der Funktionsstörung:

frühere Einteilung

Hypertone Formen	neuroanatomisch: pyramidaler Formenkreis
Dyskinesien	EPMS Formenkreis
Ataxien	cerebellarer Formenkreis
Mischformen	

Einteilung nach dem Erscheinungsbild:

Tetraplegien. Diplegien. Triplegien. Paraplegien. Hemiplegien. Monoplegien.

Wir haben uns in unserer Arbeit nur mit dem Erscheinungsbild der überwiegenden pyramidalen Störung wie Tetraplegien und Diplegien befaßt. Nur vereinzelt wurden Mischformen in die Untersuchung einbezogen (Hypertone Formen).

Angaben zur Ätiologie:

An erster Stelle stehen nach Matthes (45), in Auswertung aller statistischen Arbeiten, die perinatalen Störungen mit 50%.

Pathogenetisch spielen in dieser Gruppe Hypoxämien die Hauptrolle. Prä- und post-natale Störungen sind mit jeweils 20% beteiligt. In 10% bleibt Zeitpunkt und Ursache der Störung unbekannt.

Im Vergleich zu reifen Neugeborenen, muß bei Frühgeborenen unter 1800 gr 70mal häufiger mit einer ICP gerechnet werden, bei Frühgeburten über 1800 gr immerhin noch dreimal häufiger. Hierbei werden als Ursache Unreife des Atemzentrums, Kernikterus, leichte Gefäßzerreißlichkeit und Blutungsneigung angeführt.

Nach Matthias (46) sind bei 83% der Fälle von ICP einer oder mehrere der anamnestischen Belastungsfaktoren Frühgeburt, erschwerte Geburt, Asphyxie, schwere Gelbsucht und Krämpfe in den ersten 6 Lebensmonaten zu erheben.

Göb (25) führt zur Pathogenese bei den pränatalen Schäden Entzündungen, Kreislaufstörungen, Stoffwechselentgleisungen und allergische Reaktionen an. Dazu zählen die Eklampsie, die Blutungen in der Gravidität und die RH Inkompatibilität.

Fetopathien bei Virusinfektionen, und eventuelle Strahlenschäden gehören ebenso dazu wie Intoxikationen durch Giftstoffe. Hier sei das hochaktuelle Dioxine - Giftungsglück bei Mailand 1976, Entsungsmittel der Amerikaner in Vietnam - angeführt.

Nach Göb (25) spielt die Frühgeburt in 40% eine große pathogene-tische Rolle. Erstaunlicherweise wird die Bedeutung der Frühgeburt bei allen anderen Autoren (Huth 32, Deaver 12) geringer eingeschätzt.

Wir dürfen im Vorgriff ein zufälliges Ergebnis unserer Arbeit nennen, welches die Frühgeburt im 6. und 7. Monat fast ausschließlich als anamnestisches Detail der ICP Kranken erkennen

läßt:

Von 33 untersuchten Kindern fanden wir in der Anamnese eine Frühgeburt bei 23 Patienten. Die Auswahl bezüglich der Pathogenese war rein zufällig. Es gehörten lediglich alle Kinder dem hypertonen Formenkreis an. Bei 6 Kindern waren keine Angaben erhältlich - sie fallen aus der statistischen Wertung. Bei 2 Kindern waren Blutungen in den ersten 7 Schwangerschaftsmonaten zu erfahren. Einmal fanden wir die Angabe Nabelschnurumschlingung, einmal "Steißlage", einmal "Zwillingsgeburt". Nur einmal lag eine normale Geburt vor. Hier waren jedoch Röteln im ersten Trimenon zu erfahren.

Nehmen wir die 6 Kinder mit fehlenden Angaben heraus, so haben wir in 85% die Angabe "Frühgeburt". 15%, $n = 4$, haben andere pathogenetische Merkmale. Zählen wir die 6 Kinder mit, so haben wir immer noch 70% Frühgeburten in unserem Kollektiv.

Häufig war außerdem in unserem Untersuchungsgut die Angabe: "langzeitige Inkubatorbehandlung"

Bei den Geburtsschäden ist zwischen traumatischen Insulten mit Blutungen und Gewebszerreißung im Gehirn und den sehr viel häufigeren Asphyxien zu unterscheiden (Göb, 25). Im einzelnen sind Zangenoperationen, Beckenendlagen, Schnittentbindungen und schwere Skoliosen der Mütter als schädigende Faktoren zu nennen.

Postnatal ist das reifende Gehirn durch Meningitis, Encephalitis und vor allem durch das kindliche Schädelhirntrauma gefährdet.

Selten sind auch Mißbildungen, Tumoren und Hirnembolien als ätiologische Faktoren zu finden (Zülch, 72).

Symptomatik:

60% der Patienten sind Spastiker; 20% Athetotiker (Matthias, 46). Nach Tönnis (68) schwankt das Verhältnis zwischen 60 bis 80% Spastikern und 4 bis 24% Athetotikern. Der Rest teilt sich bei beiden Autoren in Mischformen und Ataxie.

Bei der Spastik besteht infolge des gesteigerten Muskeltonus eine Starre der Extremitäten und des Rumpfes. Die Tonusvermehrung der Muskulatur ist besonders deutlich bei rascher Dehnung. Sie ist dabei als erhöhter Widerstand fühlbar. Die Reflexe sind

hochgradig gesteigert. Vorwiegend an den der Schwerkraft entgegenwirkenden Muskeln tritt ein charakteristischer Streckreflex auf.

Als Folge der gestörten Innervation entwickeln sich typische Fehlhaltungen, Kontrakturen und pathologische Bewegungsabläufe, sowie Formveränderungen an den Gelenkenden. Diese sekundären Veränderungen imponieren insbesondere im Bereich der unteren Extremität durch die schwere Gehbehinderung.

An der Hüfte entsteht eine Adduktions-Beuge-Innenrotations-Kontraktur mit Steilstellung, Subluxation und Antetorsion am coxalen Femurende; am Knie eine Beugekontraktur und am Fuß eine ausgeprägte Spitzfußstellung.

Typisch sind bei der Tetraplegie die entsprechenden Veränderungen an den Armen. Sie bestehen aus einer Beugekontraktur des Handgelenkes, Adduktionskontraktur des Daumens, Pronationsfehlstellung des Unterarmes, Beugekontraktur des Ellenbogens und einer Adduktionskontraktur der Schulter.

Am Rumpf treten - infolge der schwachen Stammuskulatur - Verformungen an Thorax und Wirbelsäule auf. Es bilden sich Kyphoskoliosen und Thoraxdeformierungen.

Diese Störungen werden häufig von Defekten auf anderen Organgebieten begleitet.

30% sind Epileptiker. Dabei überwiegen die Spastiker (Lindemann, 39). Krampfleiden sind bei den Athetotikern selten, ihre Intelligenz ist häufig nicht gestört. Die Beurteilung der Intelligenzdefekte ist schwierig und bedarf zahlreicher wechselnder Tests zu ihrer Bestimmung. In unserem Kollektiv zeigten IQ-Bestimmungen, welche nur kurze Zeit auseinander lagen, Unterschiede bis zu 25%. Trotz dieser Schwierigkeiten kann man in 50% der Fälle eine gestörte Intelligenz annehmen. Der mittlere IQ liegt nach Hopkins (31) bei 70,4%. Dieser Untersuchung liegt ein großes Patientengut mit 992 Fällen zugrunde.

Unlösbar verflochten mit den beschriebenen Veränderungen sind Störungen im psychopathologischen Bereich. Diese bestehen aus ängstlichen Verspannungen und schweren Sekundär-neurotischen Verhaltensstörungen (Matthes, 45). Zusätzlich treten Defekte des Hör- Sprach- und Sehvermögens auf.

b.) Diagnose:

Da allgemein als gültiger Grundsatz die möglichst frühzeitige einsetzende, breit gefächerte Behandlung gilt, ist das Hauptaugenmerk auf eine sehr frühe Diagnosestellung zu richten. Eminent wichtige Aufgaben der Prophylaxe liegen schon bei einer konsequenten Schwangerenbetreuung und moderner Geburtsleitung mit Konzentration auf die ersten Lebensminuten post partum, sowie bei der fachgerechten perinatalogischen Überwachung des Neugeborenen (Ewerbeck, 21).

Die Frühdiagnostik stützt sich auf die Vorgeschichte, welche den Verlauf der Schwangerschaft, Den 'Geburtshergang, Erkrankungen der Mutter und des Kleinkindes' erfassen muß (Göb, 25).

Außerdem führen folgende Hinweiszeichen zur Früherkennung:

1. Saug- und Schluckstörungen;
2. Atemstörung mit Zyanose;
3. Kontaktlosigkeit, Benommenheit, Krämpfe;
4. unmotiviertes, häufiges Gähnen;
5. keine Abwehrreaktionen auf taktile Reize und allgemeine Bewegungsarmut;
6. keine Reaktion auf akustische und optische Reize;
7. kein - oder schlechtes Schreien.

Eine geistige oder körperliche Entwicklungsverzögerung gegenüber den Gesell'schen (23) Angaben der Stadien des ersten Lebensjahres ist ein weiterer wichtiger Anhaltspunkt.

Für die Diagnose einer fehlerhaften motorischen Entwicklung ist die Beachtung des Reflexverhaltens richtungsweisend.

Das Neugeborene hat keine Willkürmotorik. Seine Bewegungsformen beruhen auf der Funktion untergeordneter motorischer Zentren und laufen nach einem bestimmten Muster ab. Mit zunehmender Reifung der Pyramidenbahn wird die unwillkürliche Motorik - einschließlich der primitiven Reflexe - durch die reifende Willkürmotorik überdeckt. Bei der Infantilen Cerebralparese persistieren diese Reflexe ganz oder teilweise.

Nach König (35) handelt es sich um folgende Symptome:

Totale Streckhaltung mit Opisthotonus ab Geburt - tonischer Labyrinthreflex - sowie Flexionshaltung in Bauchlage ab Geburt.

Asymmetrischer und symmetrisch tonischer Halsreflex nach dem 4. bis 6. Lebensmonat.

Persistierender Mororeflex nach dem 6. Monat; fehlende Landaureaktion nach dem 4. Monat.

Nach Göb (25) sind bedeutsam: von den spinalen Reflexen der generalisierende Beugereflex, der generalisierende Streckreflex, der gekreuzte Streckreflex. Diese dürfen den zweiten Lebensmonat nicht überdauern. Außerdem sind Reflexe des kortikalen Bereichs zu prüfen, wie der Gleichgewichtsreflex in Rückenlage, der Gleichgewichtsreflex im Vierfüßlerstand und der Gleichgewichtsreflex im Sitzen. In der aufgezählten Reihenfolge müssen sie zwischen dem 6. und 12. Lebensmonat positiv werden. Ihr pathologischer Ausfall läßt Rückschlüsse auf den Sitz der Läsion zu. Zur Sicherung der Diagnose können zusätzliche Untersuchungen wie das Elektroencephalogramm, das Echoencephalogramm und die Elektromyographie (v. Eiff, 18) herangezogen werden. Manchmal sind auch eingreifende Untersuchungsmethoden, wie Pneumencephalographie und selektive Angiographie, erforderlich.

c.) Therapie:

Grundsätzlich besteht die Behandlung aus einer Vielzahl konservativer und ergänzender operativer Maßnahmen.

Der zuvor zu erstellende Heilplan (Göb, 25) hat folgende Prämissen zu berücksichtigen:

Das Kind mit einem Hirnschaden kann auf Grund der noch vorhandenen Reifungsmöglichkeiten bis zum Alter von 6 Jahren über archaische Bahnen Bewegungsmuster ausbauen, vielgestaltige Synergien ausbilden und auch vorhandene Koppelungen wieder trennen, um Einzel- und auch Feinbewegungen auszuführen. Diese Möglichkeiten bestehen im Kleinkindesalter, gehen aber mit dem 6. Lebensjahr verloren. Darauf beruht die Forderung nach Frühbehandlung, welche zugleich der natürlichen Entwicklung und Reifung des Kindes einen gewissen Spielraum lassen muß.

Die konservative Therapie hat die Betreuung durch ambulant geschulte Mütter und - vom dritten Lebensjahr an - die Konzentration der Patienten in Spastikerzentren zu umfassen. Hier muß eine Einheit in der Teambetreuung möglich sein, durch geschulte

Krankengymnastinnen, durch Sonderschullehrer, Logopäden, beschützende Werkstätten, durch Beschäftigungstherapeuten, und eine Überwachung der Behandlung durch Orthopäden, Kinderärzte, Kinderpsychiater und Psychologen.

Grundlage aller Therapie ist die Übungsbehandlung. Sie beruht heute auf folgenden Prinzipien:

a.) Methode Phelps 55 : "Bedingte Bewegung und Entspannung, sowie Bewegung aus entspannter Stellung." Hier sollen dem Gehirn durch ständiges Ausführen aufeinander aufbauender Bewegungsabläufe bestimmte Muster eingeschliffen werden.

Daraus folgt, daß ein Entwicklungsmuster solange geübt wird, bis es beherrscht wird. Dann erst wird das nächste Entwicklungsmuster angegangen.

b.) Methode Temple-Fay (22): "Anwendung primitiver Bewegungsmuster und Ausnützung phylogenetischer Reflexe."

Hier baut sich auf primitiven Bewegungsmustern - wie dem einseitig-synchronen Kriechen der Amphibien - schrittweise die Fortbewegung bis zu Gehen auf.

c.) Methode Kabat (34): "Proprioceptive Bahnung und Widerstandstherapie."

Durch Spannungs- und Widerstandsübungen will Kabat auch schwer erregbare Neurone mit "Reizsummation" zum Ansprechen bringen und so die Spastik herabsetzen und die geschwächte Antagonisten stärken.

d.) Methode Bobath (8): "Hemmung physiologischer Reflexabläufe und Normalisierung des Muskeltonus."

Mit dieser Behandlung können im Kleinkindesalter neue Koordinationssysteme gebahnt werden.

e.) Vojta: Anknüpfung an die Methode Temple-Fay und Perfektionierung. In Kombination dieser Methoden wird - nach Göb (25) - eine Übungsbehandlung folgendermaßen aufgebaut:

Beginn immer mit Entspannungsübungen aus der Entspannungsstellung, aktive Übungen mit und ohne Unterstützung; Widerstandsübungen; Übungen von Antireflexhaltungen; Kriechübungen in Bauch-

lage; Vierfüßlerstand; Krabbeln; Kniestand; Kniegang; gestütztes Sitzen; freies Sitzen; Aufstehen und Stehen vom Übungshocker aus; Gehen mit Hilfen (Gehbarren, Laufkatze, Stöcke) und endlich der Übergang zum freien Gehen.

Sehr unterschiedlich ist die Beurteilung der Versorgung mit orthopädischen Apparaten und Schienen. Göb (25) gibt bei jedem kontraktionsgefährdeten Kind Nachtschienen. Dies meist in Form von gurtbefestigten Oberschenkelschienen. Ihre positive Wirkung wurde durch quantitative elektromyographische Untersuchungen von Stotz und Müller (62) signifikant bewiesen. Befürworter der Schienenbehandlung sind u.a.: Deaver (12), Phelps (54), Lindemann (39), Hipps (30) und Waters (70).

Selbst Little (43) lobte schon vor 120 Jahren die Verwendung von "mechanical instruments" zur Vorbeugung und Korrektur von Deformitäten.

Nach Göb (25) und Lindemann (39) besteht die Aufgabe der Apparate in folgendem:

1. Verhütung von Deformitäten;
2. Korrektur mäßiger Fehlstellungen;
3. Kontrolle und Einschränkung unerwünschter unwillkürlicher Bewegungen;
4. Unterstützung des Trainings;
5. Stützung paretischer Muskeln;
6. Sicherung operativer Behandlungserfolge.

Bevorzugt werden von Göb - neben den Nachtschienen - einfache Apparate wie das Beckergerät. Dies ist ein Torsionsstab mit Beckengurt und einer Spannbügelbefestigung am Schuhabsatz. Bobath (9) und seine Schüler lehnen diese Seite der Therapie entschieden ab. Sie sehen darin einen Widerspruch zur funktionellen Übungsbehandlung. Pohl (55) und Collis (11) halten die Schienen für Hindernisse bei der Schulung normaler Bewegungsabläufe. Der medikamentösen Behandlung kommt nur eine bescheidene Anwendung zu. Die Muskeltranquilizier machen den Spastiker antriebslos und setzen die Spastik nur geringfügig herab (Palm, 52).

Wir haben bei der Besprechung der Therapie der Übungsbehandlung und der apparativen Versorgung breiteren Raum eingeräumt, weil

in dem von uns untersuchten Patientengut fast ausnahmslos beide Maßnahmen parallel zu der operativen Behandlung durchgeführt wurden, und in den Elektromyogrammen ihren Niederschlag fanden. Kritisch sei jedoch angemerkt, daß viele Kinder - in Übereinstimmung mit den Eltern - die Aussage machten, die Nachtschienen seien ihnen lästig und würden daheim nur noch selten angelegt. Ähnlich mag es häufig mit der häuslichen Übungsbehandlung aussehen.

Es sei nun auf die Stellung der operativen Behandlung mit besonderer Berücksichtigung des Hüftgelenkes eingegangen. Sinn aller operativen Eingriffe ist es, die bestehenden Kontrakturen und Luxationen zu beseitigen, die spastischen Muskeln zu entspannen, eine gute Gebrauchsstellung zu sichern, und funktionsfähige Muskeln durch muskuläre Kraftspender zu stärken. Es gilt dabei der Grundsatz (Baumann, 2), daß durch Wiederherstellung der normalen Form die normale Funktion gefördert wird. Konstruktive Eingriffe sind deshalb den destruktiven stets vorzuziehen - darunter besonders die wohl gewählten, gezielten, kleinen operativen Eingriffe im Sinn der Frühoperation.

Prinzipiell sind drei Operationsgruppen zu unterscheiden:

1. Eingriffe im Bereich der Muskeln und Sehnen.

Hierher gehören die Sehnenverlängerungen, Ursprungsverlagerungen, Sehnenverpflanzungen und Muskelverpflanzungen. Sie sind die am häufigsten angewandten Eingriffe. Der unserer Arbeit zugrunde liegende Rectus-Ileopsoasverbund, gehört in diese Gruppe und bedarf späterer ausführlicher Erörterung.

2. Eingriffe an den Knochen und Gelenken.

Diese großen Operationen - wie Arthrodesen und Osteotomien - bedürfen sorgfältiger Abwägung. Sie haben besondere Bedeutung in Form der derotierenden Varisationsosteotomie bei der spastischen Luxationshüfte. Der Eingriff beruht auf den grundlegenden Untersuchungen von Pauwels (53) und wurde u.a. von Bernbeck (4) zur Behandlung der Hüftluxation beschrieben.

3. Eingriffe am peripheren Nervensystem.

Diese von Stoffel (61) erstmals beschriebene Technik hat heute nur noch geringe Bedeutung. Sie ist durch Rezidivneigung bei

Wiedereinsprossung der Nerven und durch schlechte Dosierbarkeit belastet. Göb (25) und Baumann (2) warnen vor Eingriffen am peripheren Nerven wegen der unkontrollierten Beeinflussung zentraler Regelvorgänge.

f) Funktion des Ileopsoas und Rectus femoris und der Rectus-Ileopsoas-Verbund

Am Hüftgelenk kommen nach den Untersuchungen von T.v.Lanz (36) und Henning (37) dem Muskulus Ileopsoas und dem System der Membrana vasto-adductoria besonders stark innenrotierende Eigenschaften zu. Sieglbauer (60) gibt eine, von der Größe des Schenkelhalswinkels und der Femurtorsion, sowie von der Beugestellung abhängige, teils auswärts, teils einwärts rollende Wirkung an. Nach Benninghoff (3) ist er ein Beuger und Außenroller, dessen Pars iliaca auch einwärts rollen kann. Göb (24) hat die innenrotierende Komponente des Ileopsoas an einem Skelettphantom mit Fadenzügen eindeutig festgestellt und nachgewiesen, daß die Innendrehmomente mit zunehmender Innenrotation stark anwachsen. Sie wachsen ebenso bei zunehmender Adduktionsstellung an. Außerdem hat der Schenkelhalswinkel und die Antetorsion des coxalen Femurendes eine erhebliche Auswirkung auf die Funktion des m. Ileopsoas.

Zusammenfassend ist der Ileopsoas der stärkste Hüftbeuger, hat eine milde adduzierende Wirkung, kann außenrotieren - aber besonders beim Spastiker auch in erheblichem Maße innenrotieren. Diese Wirkung potenziert sich mit zunehmender Fehlhaltung an der Hüfte des Spastikers.

Der Muskulus Rectus femoris entspringt mit einem stärkeren Anteil von der Spina iliaca anterior inferior und mit einer Portion vom oberen Rand der Hüftgelenkpfanne und der Gelenkkapsel. Er entfaltet als zweigelenkiger Muskel seine überwiegende Kraft am Kniegelenk. An der Hüfte wirkt er beugend. Dies besonders bei abgewinkeltem Kniegelenk (Benninghoff, 3). Beim Spastiker ist seine Wirkung - wie die der gesamten Kniestreckmuskulatur - deutlich vermindert.

Von den zahlreichen weichteilentspannenden Operationen sei im folgenden auf die Eingriffe eingegangen, welche den Rectus femo-

ris und den Ileopsoas einbeziehen.

Roosth (56) durchtrennt den Ursprung des Rectus femoris um die Beugekontraktur zu beheben; er hält die Beteiligung des Ileopsoas für unerheblich.

Mortens (49) führt eine z-förmige Verlängerung der Ursprungssehne des Rectus und der Ansatzsehne des Ileopsoas durch. Baumann (2) verlängert die Sehne des Rectus femoris U-förmig. Dem gegenüber hält Bleck (7) den Ileopsoas für hauptverantwortlich bei der Entstehung der Hüftbeugekontraktur. Er führt entsprechend eine Ileopsoastenotomie durch.

Gegenüber diesen Methoden, welche alle mit weiteren Tenotomien durchgeführt werden, bildet der Rectus-Ileopsoasverbund, wie ihn Gröb (24) seit 1965 durchführt, einen therapeutischen Fortschritt. Die Methode ist durch biomechanische und elektromyointegratorische Untersuchungen unterbaut. Nach Göb (25) ist bei einer Valgusstellung unter 160 Grad und Antetorsion unter 40 Grad stets eine Koordinationsverbesserung durch Muskeleingriffe an der Hüfte zu erreichen. Wesentlich ist dabei die Ausschaltung der Innenrotation, da diese die Antetorsion fördert. Durch Abtrennung des Ileopsoas vom Trochanter minor wird der innenrot. Faktor vermindert und bei gleichzeitiger Ablösung des Rectus femoris von seinem Ursprung die Beugekontraktur des Hüftgelenkes aufgelöst. Göb hält die aktive Beugung des Hüftgelenkes jedoch für eine so wichtige Funktion, daß er die kräftige Beugewirkung dieser beiden Muskeln wiederherstellt indem er sie miteinander verbindet.

Er hat so durch Entspannung die Spastik herabgesetzt und zugleich die effektive Kraft der Muskulatur verbessert. Der Verbund bessert auch die Streckschwäche des Kniegelenkes, indem die Kraft des Rectus femoris durch den Verbund zunimmt.

2.) Elektromyographie und Elektromyointegration

a.) Elektromyographie

Muskelströme wurden beim Menschen schon 1851 von Dubois-Reymond (15) abgeleitet und registriert. Man versteht unter Elektromyographie die Ableitung und Registrierung der Aktionspotentiale, welche bei der Kontraktion der quergestreiften Muskulatur entstehen. Muskelaktionspotentiale kommen zustande, wenn ein Nervenreiz die Muskelfaser erreicht. An der erregbaren Membran bricht durch Veränderung der Ionenpermeabilität das elektrische Gleichgewicht zusammen. Es kommt zur Depolarisation der Zellmembran. Durch eine aktive Leistung der Zelle muß anschließend das Ruhepotential wieder aufgebaut werden ("Natriumpumpe"). Dieser Vorgang folgt dem Alles oder Nichts Gesetz. Das gilt nicht nur für die einzelne Muskelfaser, sondern für die motorische Einheit (Liddell u. Sherrington, 59). Die motorische Einheit ist seit Eccles u. Sherrington (17) definiert als die Summe aller Muskelfasern, welche von einer Nervenfasern (= 1 Vorderhornzelle) versorgt werden.

Bei zunehmender Kontraktion nimmt - nach Adrian und Bronk (1) zuerst die Entladungsfrequenz schon aktiver motorischer Einheiten zu, dann erfolgt die Rekrutierung neuer motorischer Einheiten.

Die Form des normalen EMG auf den Kathodenstrahl oscillographen ist biphasisch mit einer initialen positiven Phase und einer negativen Nachschwankung (Struppler, 66).

Gemessen wird stets ein Summenpotential der Muskelfasern aus der Umgebung der Nadelspitze.

Beim völlig entspannten, normalen Muskel läßt sich nach den Untersuchungen vieler Autoren keine elektrische Aktivität nachweisen (Lindsley 40, Buchthal 10). Bei leichter Kontraktion kann man die Aktionspotentiale einzelner motorischer Einheiten noch erkennen; bei kräftiger Kontraktion läßt sich lediglich ein Interferenzmuster ableiten.

Aus der Form, Amplitudenhöhe, Erregungsdauer einzelner Aktionspotentiale lassen sich wichtige Rückschlüsse auf neurologische Krankheiten treffen.

Polyphasische Aktionspotentiale sind vermehrt bei Myopathien und in geringerem Maße bei Vorderhornläsionen und peripheren Lähmungen. Die Amplituden sind signifikant erniedrigt bei Myopathien und erhöht bei Vorderhornerkrankungen. Desgleichen ist die Dauer der Aktionspotentiale verkürzt bei Myopathien und signifikant verlängert bei Vorderhornerkrankungen - ebenso bei peripheren Lähmungen.

Bei Läsionen des zentralen Neurons sind die Parameter der einzelnen Muskelaktionspotentiale unverändert (Buchthal, 10). Als Ausdruck einer Läsion des peripheren Neurons treten Spontanpotentiale in Form von Fibrillations- und Faszikulationspotentialen auf, die auch als Denervierungspotentiale bezeichnet werden.

Bei Patienten mit einer Erkrankung des EPMS mit Rigor besteht eine pathologische Grundaktivität im EMG.

b.) Elektromyographie bei der Spastik

Bei Läsionen des zentralen Neurons sind die Parameter der Muskelaktionspotentiale nicht krankhaft verändert. Die cerebralen Paresen weisen vielmehr ihre auffälligen Befunde im quantitativen Bereich des EMG auf.

Bei der Ableitung mit Nadelelektroden von einzelnen motorischen Einheiten kann auch beim Spastiker mit viel Geduld im Ruhezustand eine Nulllinie abgeleitet werden. Nach neueren Untersuchungen besteht bei der Spastik eine Übererregbarkeit im Rückkopplungsregelkreis des γ -Systems, die sich in gesteigertem Muskeltonus in Ruhe, gesteigerter Reflexerregbarkeit und überschießenden Kontraktionen äußert.

Nach Struppler (7) kann beim spastischen Syndrom die pathologisch gesteigerte Reflexerregbarkeit bereits im Frühstadium erfaßt werden. Er sagt, daß sich ohne passive Vordehnung im spastischen Muskel keine Aktivität finde. Erst die Dehnung des Muskels - und sei es nur durch die Schwerkraft, die auf die ruhende Extremität einwirkt - ruft reflektorisch die spastischen Kontraktionen hervor. Beim Spastiker zeigt sich sehr eindrucksvoll, wie das physiologischerweise vorhandene Gleichgewicht von Bahnung und Hemmung in Richtung Bahnung verschoben ist.

Die Dehnungsreflexerregbarkeit ist so groß, daß erst eine relativ starke spastische Hypertonie erzeugt werden muß, bis die hemmenden Impulse aus den Spannungsrezeptoren diese gesteigerte Reflexaktivität unterdrücken können (Taschenmesserphänomen, Dimitrijevic, 14).

Zusammenfassend sei noch einmal hervorgehoben, daß qualitativ im EMG des Spastikers keine Besonderheit zu bemerken ist. Mit geeigneten quantitativen elektromyographischen Methoden lassen sich jedoch deutliche Unterschiede feststellen. Hier bietet die Elektromyointegration ein geeignetes Verfahren.

c.) Die Elektromyointegration

Historisch hat sich dieses Verfahren aus dem Bemühen einzelner Autoren entwickelt, einen Zusammenhang zwischen dem Aktivitätsmuster im EMG und der Muskelkontraktion zu finden (Adrian und Bronks, 1). Mit zunehmender Kontraktionsstärke entsteht bekanntlich ein immer dichteres Interferenzmuster im EMG. Die quantitative Auswertung der dabei auftretenden Zeitspannungsintegrale ist das Prinzip der Elektromyointegration von Bigland u. Lippold (6).

Lippold (41) konnte eine lineare Abhängigkeit zwischen isometrischer und isotonischer Muskelkraft und den elektromyointegratorisch gemessenen Werten nachweisen.

Ergänzend stellte Inman (33) fest, daß sich die elektrische Aktivität zur Muskelspannung linear verhält bei rein isometrischer Kontraktion.

Der Vergleich zwischen Muskelspannung, EMG und Myointegral ergab: bei schon stark verkürztem Muskel kann keine große Muskelspannung mehr entwickelt werden, während der elektrische Befund maximal ist. Andererseits ist in funktionell günstiger Stellung, bei größerer Muskellänge, die entwickelte maximale Muskelspannung relativ größer, der quantitative EMG Befund relativ kleiner. Bei vergleichenden Untersuchungen muß also von peinlich genau gleichen Muskeleinstellungen ausgegangen werden.

Nightingale (51) und Delhez (13) weisen darauf hin, daß die Ergebnisse des Vergleichs zwischen EMG und Muskeltätigkeit vorsichtig gedeutet werden sollten, da zahlreiche Beeinflussungen

durch Versuchsanordnung und Apparatur eine Rolle spielen. So sind weniger die absoluten Ergebnisse als vielmehr ihr Vergleich von Wert.

Von Eiff und Göpfert (19), sowie Meyer-Eppler (48) entwickelten einen Elektromyointegrator, welcher auch bei unseren Untersuchungen angewandt wurde. Von Eiff wies auch besonders auf die Verwendung von Oberflächenelektroden hin (20):

"Oberflächenelektroden sind immer dann Nadelelektroden vorzuziehen, wenn die Spannung größerer Muskelbereiche von Interesse ist. Ihre Benutzung bietet überdies den Vorteil, daß die untersuchten Muskeln nicht zusätzlich durch die schmerzhaften Nadeleinstiche aktiviert werden."

Die Vorzüge des Gebrauchs von Hautelektroden werden freilich mit dem Nachteil erkaufte, daß dabei eine unbekannt große Zahl von motorischen Einheiten erfaßt werden. Daher kann das quantitative Oberflächenmyogramm auch kein exaktes Maß in Absolutwerten für die Muskelspannung liefern (Göpfert, 27). Nur bei Benutzung von Standardableitungen, d.h., nur bei Verwendung gleicher Elektroden und gleicher Ableitungsstellen hat man die Möglichkeit, Spannungen miteinander zu vergleichen.

d.) Elektromyointegration bei der ICP

Die Methode der Elektromyointegration wurde bei der Untersuchung der Spastik erst vereinzelt in den letzten Jahren angewandt. Dabei zeigten sich große Schwierigkeiten in der Entwicklung einfacher, zuverlässiger Methoden zur quantitativen Bestimmung der Muskelspastik (Levine 38; Matthias 47).

Auch Berry (5) findet 1967 noch die meisten Vorschläge extrem kompliziert und schwierig durchzuführen. Webster (73) arbeitet 1969 mit der passiven linearen Bewegung einer Extremität bei verschiedenen Winkelgeschwindigkeiten.

Tardieu (68) verwandte bei seinen, an decerebrierten Tieren durchgeführten Untersuchungen, die Elektromyointegration. Er fand auch unter spastischen Bedingungen ein lineares Verhalten zwischen Muskelspannung und integriertem EMG!

Nach Tardieu (68) ist die Untersuchung durch viele Fehlerquellen belastet.

Es ergaben sich bei der Bestimmung des Myointegrals Unterschiede von einer Sitzung zur anderen. Die Ergebnisse konnten erst durch präzisierte Untersuchungsbedingungen, wie konstante Lage der Elektroden und exakt gleiche Gelenkstellungen verbessert werden.

Einen Fortschritt bedeuten die Untersuchungen von Stotz und Mitarbeitern (62-65). Hier konnte mit gut standardisierter Technik, unter stets gleichen Versuchsbedingungen, bei Verwendung des von Eiff'schen Myointegrators, ein Zusammenhang zwischen Behandlungsmethoden und der Größe des Myointegrals nachgewiesen werden.

Schunter (58) fand z.B. eine signifikante Abnahme der Entladungsfrequenz im Bereich der Wadenmuskulatur nach Achillotomie. Sauter (57) konnte bei der spastischen Diplegie in Ruhelage gegenüber Gesunden eine höhere Aktivität messen. Bei maximaler Kontraktion zeigten die gesunden Kinder jedoch höhere Elektromyointegrale als Zeichen der größeren Muskelkraft. Sauter schloß daraus, daß die Elektromyointegration eine wertvolle Methode sei, die Muskelfunktion spastisch gelähmter Kinder zu beurteilen. Dies sei von großer praktischer Bedeutung für Diagnose, Verlaufskontrolle und Therapie.

Ebner (16) verglich die Verhältnisse an der oberen Extremität bei Hemiplegie. Er fand ebenfalls eine Erhöhung der Integratorwerte auf der kranken Seite. Sein Hinweis, daß keine absolut verbindlichen Zahlenwerte, sondern nur relative Veränderungen zu sehen waren, sei hier noch einmal erwähnt.

Die Tonusminderung der Muskulatur in Nachtschienen objektivierte Müller (50) aus der gleichen Untersuchungsgruppe.

Stotz und Heimstätt (63) führten eine serienmäßige Ableitung mit implantierten Nadelelektroden am Musculus Ileopectus durch, um die integratorisch faßbare Aktivität vor und nach Rectus-ileopectusverbund zu erfassen.

Da unsere Arbeit eine Ergänzung dieser Untersuchungen darstellt, sei hier auf Methode und Ergebnisse näher eingegangen. Zur Ableitung des Ileopectus, der mit Oberflächenelektroden nicht erfassbar ist, wurden mit einer Injektionskanüle zwei isolierte, an der Spitze leitende Kupferdrähte implantiert. Angestochen

wurde der Ileopsoas in Höhe des Leistenbandes medial der Spina iliaca ventralis sup. Ein Teil der Drähte wurde intraoperativ gelegt. Die Ableitungen konnten über längere Zeit belassen und das Hüftgelenk schmerzfrei bewegt werden. Die postoperativen Ruhewerte lagen signifikant unter den präoperativen. Das mittlere Elektromyointegral bei maximaler Aktion aus Streckung lag postoperativ eindeutig über den präoperativen Werten. Das Gleiche gilt für die Werte bei maximaler Beugung. Daraus konnte geschlossen werden, daß durch die operative Entspannung des Ileopsoas eine Herabsetzung der Gamma-Afferenz und der pathologisch gesteigerten Ausgangsspannung erzielt wird. Es resultiert daraus eine Dämpfung der Spastik, die sich in einer verminderten Grundaktivität im ruhenden Muskel zeigt.

Stotz führt weiter aus: "Es werden also in der Ruhe weniger Motoneurone besetzt, die dann bei Willkürinnervation zusätzlich besetzbar sind. Damit erklärt sich die postoperative Zunahme der integrierten Aktivität bei maximaler Kontraktion des Muskels. Stotz (65) sieht darin die Möglichkeit einer objektiven Beurteilung des Operationsergebnisses.

C. Eigene Untersuchungen

1.) Methodik

Von Stotz (64) wurde das Verhalten des Musculus Ileopsoas vor und nach Verbundoperation überprüft. Wir haben die andere Weichteilkomponente des Verbundes, den M. rectus femoris in Ruhe und Funktion, vor und nach Verbundoperation untersucht. Bekanntlich hat der Rectus beim Spastiker eine besonders starke elektrische Aktivität (Sauter, 57) - trotz geringer Kraftentwicklung. Von Göb (26) wird er zur Verbindung mit dem Ileopsoas herangezogen, um bei Minderung der Beugerfunktion an der Hüfte, seine streckende Wirkung auf das Kniegelenk zu erhalten.

1a.) Untersuchungsgut (s. Tab. 1)

Es wurden insgesamt 34 Patienten untersucht, welche sich in folgende Gruppen aufteilten:

Ein gesundes Kind wurde zur Probemessung, zur Eichung des Gerätes und zur Entwicklung eines reibungslosen Versuchablaufs herangezogen.

Ein Kind mit überwiegender Athetose wurde wegen der abweichenden Grundkrankheit und völlig atypischer Meßergebnisse bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

Es blieben 32 Patienten.

Davon entfielen 10 Kinder auf die Gruppe n1: "vor Durchführung der Verbundoperation". Da die Operation bei einem Kind rechts schon durchgeführt war, wird ein Patient sowohl in Gruppe n1 wie in n2 aufgeführt.

Gruppe n2: 16 Kinder mit durchgeführter Verbundoperation; davon 15mal beidseits und einmal nur rechts, so daß insgesamt 31 Operationsergebnisse befundet werden konnten.

Gruppe n3: 7 Patienten, bei denen aufgrund der klinischen Befunde die Operationsindikation noch diskutiert wurde. Alle Kinder litten an einer Diplegie oder Tetraplegie - siehe Tab. 1 -. Zusätzlich zur operativen Behandlung waren 29 Kinder in intensiver krankengymnastischer Betreuung; 22 hatten Nachtschienen; 11 trugen ein Beckergerät. 29 Kinder standen in der Obhut des 'Spa-

stikerzentrums in München. 3 Kinder kamen von außerhalb und hatten - nach Angaben der Eltern nur wechselnde, weniger intensive Betreuung.

Da stets beidseitig gemessen wurde, kamen insgesamt 64 Untersuchungsserien zur Auswertung.

Es handelte sich um 17 Knaben und 15 Mädchen.

Das Gesamtdurchschnittsalter betrug 8,6 Jahre. In der Gruppe n1 9,6 Jahre, n2 9,2 Jahre, n3 7,0 Jahre.

Zur Ätiologie war in 23 Fällen eine Frühgeburt zu erfahren. Bei 6 Kindern war die Anamnese diesbezüglich leer, weil Angaben von den Angehörigen nicht zu erhalten waren und die Aufzeichnungen in den Krankenblättern unvollständig erschienen. In zwei Fällen war eine Blutung in den ersten 7 Schwangerschaftsmonaten aufgetreten; einmal eine Nabelschnurumschlingung; eine Zwillingsgeburt; eine Steißlage. Nur einmal wurde die Angabe normale Geburt gefunden. In diesem Falle jedoch Rubeoli im dritten Schwangerschaftsmonat. Es wurde also in unserem nicht ausgewählten, bezüglich der Ätiologie zufällig gruppierten Patientengut in 70% eine Frühgeburt angegeben. Nimmt man die 6 Patienten aus der Gesamtzahl heraus, bei denen die Anamnese lückenhaft ist, so sind es sogar 85%.

Als Grundkrankheit bestand bei unseren Kindern 20mal eine spastische Tetraplegie, in 12 Fällen eine spastische Diplegie (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1

Untersuchungsgut

Gruppe	Name	Geschlecht	Alter	Diagnose	Versorgung
n1	P.L.	weibl.	7	Diplegie	Op. vorges.
n1	U.H.	weibl.	9	Diplegie	Op. vorg., N.S.
n1	A.H.	weibl.	12	Tetrapl.	Op. vorg., N.S., B.
n1	M.B.	männl.	11	Tetrapl.	Op. vorg.
n1	A.L.	männl.	11	Tetrapl.	Op. vorg.
n1	A.H.	weibl.	8	Tetrapl.	Op. vorg., N.S.
n1	R.H.	weibl.	10	Diplegie	Op. vorg.
n1	S.Sp.	weibl.	12	Tetrapl.	Op. vorg.
n1	H.L.	männl.	6	Tetrapl.	Op. vorg.
n1+2	K.W.	männl.	10	Tetrapl.	re Op. li vorg. N.S.
n2	T.D.	männl.	7	Diplegie	bds. Verb. Stockst., N.S.
n2	M.B.	männl.	8	Tetrapl.	bds. Verb., N.S.
n2	C.S.	männl.	7	Tetrapl.	bds.V., N.S., St.
n2	G.S.	weibl.	9	Tetrapl.	bds. Verb.
n2	M.F.	männl.	13	Tetrapl.	bds. Verb., N.S., B.
n2	H.K.	männl.	9	Tetrapl.	bds. Verb., N.S.
n2	J.K.	männl.	11	Diplegie	bds. Verb., N.S., B.
n2	I.N.	weibl.	13	Diplegie	bds. Verb., N.S., B.
n2	M.H.	weibl.	7	Tetrapl.	bds. Verb., N.S., B.
n2	I.P.	männl.	16	Diplegie	bds. Verb., N.S.
n2	C.K.	weibl.	8	Diplegie	bds. Verb., N.S.
n2	T.B.	männl.	6	Tetrapl.	bds. Verb.
n2	A.H.	männl.	9	Diplegie	bds. Verb., N.S., Sch.
n2	K.B.	weibl.	7	Tetrapl.	bds. Verb., B.
n3	A.D.	weibl.	7	Tetrapl.	keine Op., N.S.
n3	P.S.	weibl.	7	Tetrapl.	keine Op., N.S.
n3	H.S.	männl.	9	Diplegie	keine Op., N.S., B.
n3	M.V.	männl.	5	Tetrapl.	keine Op., N.S.
n3	R.D.	männl.	6	Diplegie	keine Op.
n3	S.J.	männl.	8	Tetrapl.	keine Op., N.S., B.
n3	S.O.	weibl.	7	Tetrapl.	keine Op., N.S., B.

Legende: N.S.: Nachtschienen; B.: Beckergerät; Sch.: Schuhschienen

1.b.) Untersuchungsbedingungen

Lage der Elektroden.

Wir haben zunächst die optimale Ableitungsstelle exakt bestimmt, um - entsprechend der Tardieu'schen Warnung (68) - möglichst viele Versuchsbedingungen konstant halten zu können. Dazu wurde an der Leiche der gesamte Muskulus rectus femoris präpariert und bezüglich seiner Lage zu den Meßpunkten Spina iliaca anterior superior, medialer Kniegelenkspalt und Kniescheibenmitte ausgemessen.

Der Muskel erreicht seine größte Masse (Muskelbauch) gering lateral einer Verbindungslinie zwischen Kniescheibe und Spina iliaca ant. sup. Meßtechnisch liegt der stärkste Muskelbauch bei 6/10 der Strecke zwischen medialem Kniegelenkspalt und Spina iliaca. ant. sup. Diese Beziehungen sind auf Abbildung 2 und 3 photographisch festgehalten. Die anatomische Lage wird auch durch die Verbundoperation nicht wesentlich geändert. Da der Muskelbauch hier direkt unter der Haut liegt und die Innervation auf der abgewandten Seite - von medio-dorsal - erfolgt (siehe Abbildung 4), bestehen optimale Verhältnisse, um mit Oberflächen-elektroden einen Großteil der Muskelaktivität abzuleiten. Es wurden entsprechend bei allen Ableitungen die Elektroden lateral der Verbindungslinie Kniescheibe - Spina und bei 6/10 der Meßstrecke innerer Kniegelenkspalt - Spina angelegt.

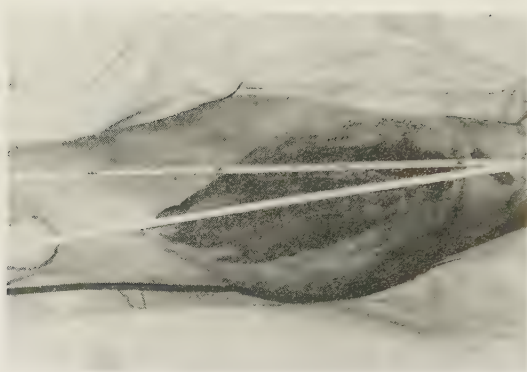


Abb. 2: Bestimmung der Meßpunkte an der Leiche;
siehe Text Seite 23

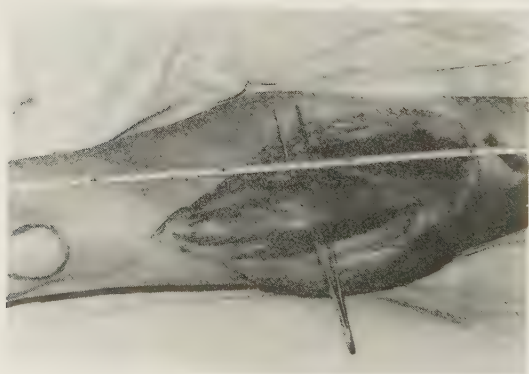


Abb. 3: Größter Durchmesser des Muskulus rectus femoris
bei 6/10 der Strecke medialer Kniegelenkspalt
und Spina iliaca anterior superior.

Apparatur.

Zur Durchführung unserer Untersuchungen benützten wir einen Elektromyographen mit Integrator nach von Eiff der Firma Elektrophysik Dr. Stephan, Bad Godesberg.

Die mit Oberflächenelektroden abgeleiteten Aktionspotentiale werden mit Gegentaktverstärkern verstärkt. Der Verstärkungsfaktor ist zwischen 100/nV und 6400/nV wählbar. Das Gerät besitzt 6 Kanäle. Die Ableitung kann während der Untersuchung an jedem Kanal mit einem Kathodenstrahloszillographen beobachtet werden. Das Aktivitätsmuster kann selektiv, durch Zuschalten eines Lautsprechers, abgehört werden.

Mit diesem Lautsprecher konnte den Kindern die Untersuchung abwechslungsreich und verständlich gestaltet werden.

Die automatische Registrierung erfolgt mit einem numerischen Zählwerk pro Kanal. Dieses Zählwerk zeigt die quantitativen Zeit-Spannungsintegrale direkt an. Zusätzlich kann eine formgerechte Aufzeichnung der Interferenzelektromyogramme mit einer Registriereinheit erfolgen. Wir hatten dabei einen oscillographischen U-V-Direktschreiber mit Quecksilberhochdrucklampen und schnell schwingenden Spiegelgalvanometern zur Verfügung, welcher hohe Schreibgeschwindigkeiten erlaubte. Mit einer eingebauten, gekoppelten Stoppuhr konnte die Meßzeit an den numerischen Rechnern exakt auf 5 Sek. eingestellt werden.

Zur Ableitung wurden Oberflächenelektroden aus einem Kunststoffmantel mit leitendem Metallkern verwendet.

Als Einmalelektroden dienten auch sie der weiteren Standardisierung unseres Verfahrens.

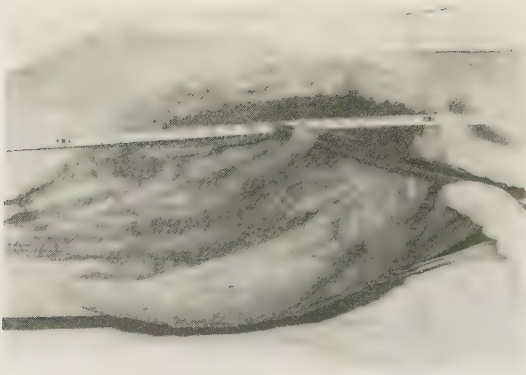


Abb. 4: Innervation des Rectus femoris oberhalb der Ableitungspunkte

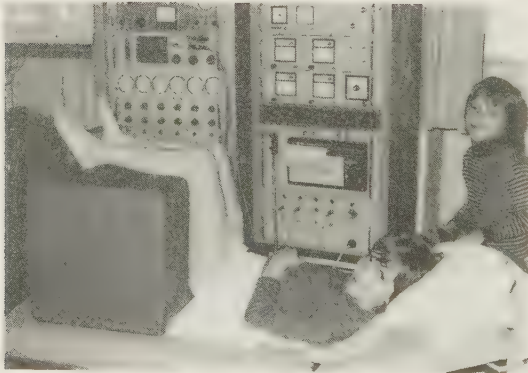


Abb. 5: Ableitung in Ruhe bei definierten Gelenkstellungen

Untersuchungsgang.

Die Oberflächenelektroden wurden im Bereich der meßtechnisch bestimmten Ableitungspunkte Rand an Rand aufgeklebt. Damit war stets ein gleicher Elektrodenabstand gewährleistet. Zuvor wurde die Leitfähigkeit mit einem Elektrodengel hergestellt. Die Oberflächenelektroden sind besonders für quantitative Aussagen geeignet (v. Eiff, 18). Sie haben gerade bei den empfindsamen, überängstlichen spastischen Kindern den Vorzug der schmerzfreien Applikation.

Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse durch Ausschaltung von weiteren Störquellen zu verbessern, wurde unter peinlich genau gleichen Meßbedingungen untersucht. Der Untersucher und eine Hilfsperson waren stets dieselben. Beide nahmen schon vorher im Spastikerzentrum - in Zusammenarbeit mit den Krankengymnastinnen - Kontakt mit den Kindern auf, um eine vertrauensvolle Mitarbeit zu erreichen. Den Kindern wurde Sinn und Funktion der Untersuchung und der Geräte erklärt. Es erwies sich als sehr nützlich, altersentsprechende Märchen mit einem Kassettenrecorder abzuspielen, um besonders bei den Ruhetonusbestimmungen völlig entspannte Patienten anzutreffen. Die Meßgeräte wurden durch diese Schwachstromquelle nicht beeinträchtigt.

Der Raum war immer gleichmäßig temperiert, da bekanntlich in kalten Räumen die Körpermuskulatur durch vermehrte Spannung einen Wärmeausgleich schafft.

Das Geräte wurde vor jeder Meßserie neu geeicht.

Die Ableitkabel mußten sorgfältig verlegt werden, weil schon Tritterschütterungen bei am Boden liegenden Kabeln zu Meßfehlern führten.

Es wurde immer synchron an beiden Oberschenkeln abgeleitet und mit zwei Kanälen registriert. Die Meßdauer betrug 5 Sekunden. Die Ruhemessungen wurden 6 bis 8mal, die Belastungsmessungen 2 bis 4mal wiederholt. Anschließend wurde das arithmetische Mittel gebildet. Zufallsbefunde konnten so weitgehend ausgeschaltet werden. Insgesamt führten wir 3.148 Einzelmessungen durch. In den Abbildungen 5, 6 und 7 sind typische Ableitsituationen dargestellt, gleichzeitig ist die Geräteeinheit zu erkennen.

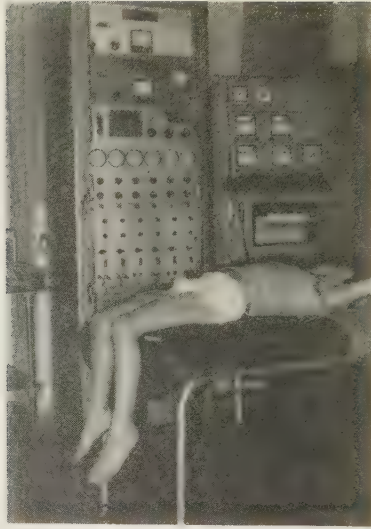


Abb. 6: Ruhetonusmessung bei gestreckten Hüften und 90° gebeugten Knien (stärkste Dehnung des M. rectus femoris)

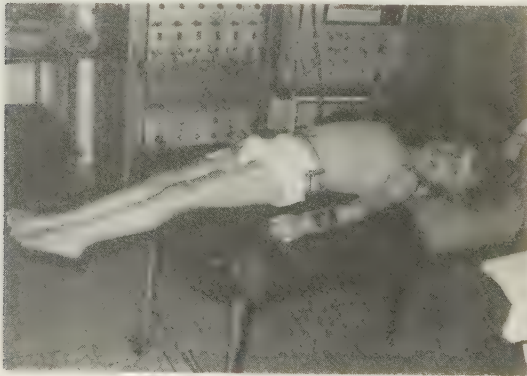


Abb. 7: Isometrische Anspannungsübung

Zur weiteren Standardisierung haben wir alle Untersuchungen in der folgenden Reihenfolge durchgeführt und zwischen den Untersuchungsgängen 5 Minuten bis zur Rückkehr des Ruhetonus zugewartet.

Auf eine besonders bequeme Lagerung mit Schaumstoff-Formstücken wurde geachtet (Abb. 7).

1. Ruhetonusmessung in Rückenlage mit ausgestreckten Beinen. Nach der Neutral-0 Methode: Hüfte 0° , Knie 0° . Dies gilt, soweit Hüftstreckung auf 0° möglich war.
2. Ruhetonus bei 40° Hüftbeugung und 20° Kniebeugung = bequeme Mittelstellung.
3. Ruhetonus bei Kniebeugung von 90° und 90° abgewinkelten Hüften.
4. Ruhetonus bei hängenden Unterschenkeln - Hüfte 0° , Knie 90° .

Es folgten die Widerstandsübungen:

5. Maximale aktive Hüftbeugung ohne Widerstand.
(isometrisch)
6. Maximale aktive Hüftbeugung gegen Widerstand aus 0° Position. (isometrisch)
7. Maximale aktive Streckung im Knie ohne Widerstand.
(isotonisch)
8. Maximale aktive Streckung im Knie gegen Widerstand aus 90° Beugstellung. (isometrisch)

Durch diesen Versuchsaufbau war es gewährleistet, den Musculus Rectus femoris in Ruhe bei verschiedenen Dehnungszuständen und in voller Aktion bei unterschiedlicher Vordehnung in seiner elektrischen Aktivität zu erfassen.

In Abbildung 8 sieht man das verwendete Versuchsprotokoll.

Versuchsprotokoll Nr. 16Abb. 8

Name: K.W.

geb.: 21.1.66

Diagnose: spastische TetraplegieDurchgeführte Operation: Verbundoperation rechts 1973
Achillotenotomie rechts

Untersuchungstag: 17.3.76

Sonstige Behandlung: Stützstöcke, Beckergerät, Nachtschienen

Bemerkungen: Frühgeburt mens 7, I.Q. 75%, 1968

Übung	Meßintegrale	arithmetisches Mittel	n
1.) re	7,7,5,7,4,3,3,4,6,5,4	5,18	11
li	12,6,6,6,6,6,6,12,11,11,6	8,2	10
2.) re	6,7,7,5,5,4,4,4	5,25	8
li	17,18,8,9,9,6,5,5	9,63	8
3.) re	4,4,4,3,4,4,3,3,3	3,56	9
li	9,5,5,5,5,5,5,5,5	5,44	9
4.) re	7,4,3,3,4,3,3,3	3,75	8
li	8,5,5,3,3,3,3,3	4,14	8
5.) re	74,71,74	73	3
li	42,37,53	44	3
6.) re	14,17,16	15,67	3
li	18,18,21	19	3
7.) re	38,47	42,5	2
li	52,63	57,5	2
8.) re	42,47	44,5	2
li	68,70,67,71	69	4

1c.) Fehlerquellen.

Bei dem aufgezeigten Versuchsaufbau sind die meisten Fehler durch Standardisierung eliminiert. Mit viel Zeitaufwand gelang es ausnahmslos, die angstfreie Vertrauensbasis zu schaffen, um den niedrigsten Ruhetonus zu messen.

Die hochempfindliche Meßapparatur erwies sich als überaus störungsanfällig. Da der Meßraum nicht durch einen Faradayschen Käfig abgeschirmt war, gab es zahlreiche Möglichkeiten für Störspannungen. Wir wählten deshalb ruhige Tagesstunden für unsere Messungen, in denen möglichst wenig elektrische Aggregate in der Umgebung eingeschaltet waren. Störspannungen traten schon durch mechanische Erschütterungen der Ableitungskabel auf, wie sie durch Schritte in der Umgebung bei am Boden liegenden Kabeln erzeugt wurden.

Durch berührungsfreie Aufhängung der Kabel konnte dieser Fehler beseitigt werden.

1d.) Angewandte statistische Methode:

Da es sich bei unserem Patientgut um ein relativ kleines Kollektiv handelt, können die Ergebnisse nicht ohne weiteres als statistisch relevant betrachtet werden. Man kann jedoch die Mittelwerte der einzelnen Untersuchungsgruppen der statistischen Signifikanzanalyse unterziehen und auf diese Weise prüfen, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Mittelwerte rein zufällig um die gemessene Differenz voneinander abweichen.

Beim Vergleich der Mittelwerte zweier Meßreihen (z.B. der Elektromyogramme bei operierten und nicht-operierten Spastikern) interessiert, ob die Mittelwerte bei der jeweils vorliegenden Varianz der Einzelmessungen, eindeutig oder nur zufällig differieren.

Wir haben die sogenannte Studentsche t-Verteilung angewandt (67). Die statistische Untersuchung geht davon aus, daß die Meßwerte einer Gaußschen Normalverteilungskurve entsprechen. Diese Hypothese wird durch die Studentsche Methode überprüft. Dabei ist die Prüfgröße t ein Maß für die Wahrscheinlichkeit, daß die Mittelwerte um den errechneten Betrag nur zufällig abweichen. Die errechneten Werte von t werden mit der Fallzahl n in einer Tabelle nach Student in Beziehung gesetzt. Siehe Abb. 8. Aus der Tabelle ist direkt die Irrtumswahrscheinlichkeit abzulesen. Liegt diese unter 5%, so ist das Ergebnis als statistisch signifikant zu bezeichnen.

Abb. 8:

Tafel V

Die Studentsche t -Verteilung

Die Tafel enthält die Werte von t_α für einige Werte α . Dabei ist t_α derart gewählt, daß die Wahrscheinlichkeit dafür, daß die STUDENTSche zufällige Veränderliche t mit n Freiheitsgraden absolut genommen nicht kleiner als t_α ist, gleich α ist:

$$P(|t| \geq t_\alpha) = \frac{2}{\sqrt{n} B\left(\frac{1}{2}, \frac{n}{2}\right)} \int_{t_\alpha}^{\infty} \frac{1}{\left(1 + \frac{t^2}{n}\right)^{\frac{n+1}{2}}} dt = \alpha$$

n	α							
	0,80	0,60	0,40	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
1	0,325	0,727	1,376	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	0,289	0,617	1,061	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,277	0,584	0,978	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,271	0,569	0,941	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,267	0,559	0,920	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,265	0,553	0,906	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,263	0,549	0,896	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	0,262	0,546	0,889	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	0,261	0,543	0,883	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	0,260	0,542	0,879	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,260	0,540	0,876	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,259	0,539	0,873	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	0,259	0,538	0,870	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,258	0,537	0,868	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,258	0,536	0,866	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	0,258	0,535	0,865	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,257	0,534	0,863	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,257	0,534	0,862	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,257	0,533	0,861	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,257	0,533	0,860	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,257	0,532	0,859	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	0,256	0,532	0,858	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,256	0,532	0,858	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	0,256	0,531	0,857	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	0,256	0,531	0,856	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	0,256	0,531	0,856	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,256	0,531	0,855	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,256	0,530	0,855	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,256	0,530	0,854	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	0,256	0,530	0,854	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
40	0,255	0,529	0,851	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
60	0,254	0,527	0,848	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
120	0,254	0,526	0,845	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
∞	0,253	0,524	0,842	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Die einzelnen Größen wurden nach folgenden mathematischen Beziehungen errechnet:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - m_1)^2}{(n_1 - 1)} + \frac{\sum (y_i - m_2)^2}{(n_2 - 1)}}$$

In dieser Gesamtstreuung s sind die zuvor errechneten Einzelstreuungen s_1 und s_2 enthalten.

$$s_1 = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - m_1)^2}{n_1 - 1}}$$

Nach Ermittlung der Streuung s ergibt sich der Wert t aus folgender Gleichung:

$$t = \frac{m_1 - m_2}{s} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}}$$

Legende:

t = Prüfgröße t

s = Streuung (Varianz, Standardabweichung)

m_1 = Mittelwert einer Untersuchungsreihe der Gruppe 1
(Spastiker ante operationem)

m_2 = Mittelwert einer Untersuchungsreihe der Gruppe 2
(Spastiker mit Verbundoperation)

m_3 = analoger Mittelwert einer Gruppe, die zur Operation nicht geeignet erscheint)

n_1 = Zahl der Untersuchungen in der Gruppe 1, jeweils in
rechts und links unterteilt

n_2 und n_3 - analog n_1

x_i = alle gemessenen Einzelwerte der Gruppe 1 .

y_i = alle gemessenen Einzelwerte der Gruppe 2 .

N = Anzahl der Freiheitsgrade (Summe der Fälle nach der
Formel $N = n_1 + n_2 - 2$)

2.) Ergebnisse

An 32 spastischen Patienten wurde die Funktion des Musculus rectus femoris untersucht. Zur Prüfung der Rectus-Ileopsoas-Verbundoperation waren diese Patienten in 3 Kollektive unterteilt:

- Gruppe n_1 - Zur Verbundoperation vorgesehen.
- Gruppe n_2 - Zustand nach klinisch erfolgreicher Verbundoperation
- Gruppe n_3 - Ein Patientenkollektiv bei dem klinische Parameter gegen einen operativen Eingriff dieser Art sprachen, bzw. die Indikation zur Operation noch diskutiert wurde.

Verglichen wurde der Ruhetonus bei verschiedenen Dehnungszuständen des Rectus femoris. Zusätzlich wurden die Elektromyointegrale bei zwei isotonischen und zwei isometrischen Übungen bestimmt und miteinander verglichen. Da es sich jeweils nur um kleine Gruppen handelte, wurden die Ergebnisse der statistischen Signifikanzanalyse unterworfen.

Signifikant und hoch-signifikant waren die Prüfungen bei allen Bestimmungen des Ruhetonus. Dies gilt für den Vergleich der Gruppe n_1 und n_2 , sowie für die Varianzanalyse der Gruppe n_1 und n_3 .

Die isotonischen Spannungsübungen 5 und 7 zeigen ebenfalls statistische Signifikanz.

Bei den isometrischen Übungen 6 und 8 zeigt die Varianzanalyse nur eine ungenügende Signifikanz, so daß die Ergebnisse dieser Untersuchungen nur bedingt verwertbar sind.

Auf den folgenden Seiten 36 bis 43 sind die Ergebnisse der Mittelwertberechnungen bei den einzelnen Übungen, sowie die Ergebnisse der Signifikanzanalyse zusammengestellt.

Gegenüberstellung der Gruppen n_1 , n_2 , n_3

Ruhetonusbestimmung Übung 1

n_1 (Op. vorges.)		n_2 (operiert)		n_3 (Op. nicht vorges.)	
rechts	links	rechts	links	rechts	links
11,63	3,25	11,5	4,5	6,13	3,88
12,88	5,25	5,6	6,2	4,5	3,88
7,38	4,75	4,9	7,7	6,75	4,25
11,75	10,8	4,88	3,88	4,14	2,43
9,29	6,43	4,78	4,0	5,14	4,43
6,86	4,57	3,88	4,0	5,75	4,0
8,43	4,25	7,75	5,88	5,4	3,2
12	6,14	8,7	6,0		
4,13	3,63	7	8,88		
	8,2	5,6	4,1		
		5,67	6,56		
		6,0	6,17		
		3,0	3,17		
		9,86	5,29		
		3,5	4,8		
		5,18			

Fallzahl

$n = 9$	$n = 10$	$n = 16$	$n = 15$	$n = 7$	$n = 7$
---------	----------	----------	----------	---------	---------

Mittelwert

9,37	5,73	6,075	5,408	5,401	3,724
------	------	-------	-------	-------	-------

Gesamtmittelwert recht + links

7,55

5,75

4,563

Gesamtstreuung s:

Prüfgröße t:

2,558 (n_1 und n_2 rechtes Bein)	3,090 a.)
1,891 (n_1 und n_2 linkes Bein)	0,417 b.)
2,29 (n_2 und n_3 rechtes Bein)	3,437 c.)
1,832 (n_2 und n_3 linkes Bein)	2,22 d.)

Bei dieser Gesamtstreuung und Prüfgröße t ergibt die Varianzanalyse:

für a.) unter 1% - hoch signifikant	für c.) unter 1% - hoch signifikant
für b.) unter 5% - signifikant	für d.) unter 5% - signifikant.

Gegenüberstellung der Gruppen n_1 , n_2 , n_3

Ruhetonusbestimmung - Übung 2:

n_1 (Op. vorges.)		n_2 (operiert)		n_3 (Op. nicht vorges.)	
rechts	links	rechts	links	rechts	links
3,25	3,25	3,75	4,0	5,0	3,67
5,83	7,83	7,38	5,5	4,75	4,5
8,63	5,63	4,38	3,64	7	6
5,0	5,56	4,75	5,25	4,5	3,25
7,88	6,25	4,33	5,17	6	3,75
10,87	9,57	4,0	3,29	5,14	6
4,38	3,5	6,22	8,11	4,76	3,75
14,14	12,14	5,14	4,57		
19	4,83	5,25	4,75		
	9,63	3,33	4,17		
		4,4	3,0		
		4,29	3,14		
		4,0	5,89		
		6,87	5,87		
		9,38	4,0		
		5,25			

Fallzahl

$n = 9$ $n = 10$ $n = 16$ $n = 15$ $n = 7$ $n = 7$

Mittelwert

8,775 6,819 5,17 4,69 5,305 4,417

Gesamtmittelwert rechts und links:

7,798

4,93

4,861

Gesamtstreuung s:

Prüfgröße t:

- | | |
|---|-------|
| a.) 3,289 (n_1 und n_2 , rechtes Bein) | 2,63 |
| b.) 2,096 (n_1 und n_2 , linkes Bein) | 2,487 |
| c.) 3,92 (n_2 und n_3 , rechtes Bein) | 1,752 |
| d.) 2,36 (n_2 und n_3 , linkes Bein) | 2,064 |

Bei dieser Gesamtstreuung und Prüfung t ergibt die Varianzanalyse:

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| für a.) unter 2% - signifikant | für c.) unter 5% - signifikant |
| für b.) unter 5% - signifikant | für d.) unter 5% - signifikant. |

Gegenüberstellung der Gruppen n_1 , n_2 , n_3

Ruhetonusbestimmung - Übung 3:

n_1		n_2		n_3	
rechts	links	rechts	links	rechts	links
14,43	6,29	9,67	3,89	3,75	3,25
5,86	11,14	4,43	5,0	4,5	5,25
6,29	3,57	3,33	5,17	5,25	3,75
5,75	11,14	3,88	3,0	4,88	3,25
9,0	4,86	2,86	2,14	6,71	5,71
9,67	5,33	2,33	2,5	5,0	6,0
9,63	8,63	6,0	4,38	4,5	3,5
6,5	7,25	5,38	4,75		
3,29	3,57	4,88	7,75		
	5,44	4,625	3,25		
		4,0	4,0		
		3,2	4,0		
		3,43	3,14		
		5,17	3,17		
		3,62	3,62		
		3,59			
Fallzahl					
n = 9	n = 10	n = 16	n = 15	n = 7	n = 7
Mittelwert					
7,824	6,739	4,397	3,985	4,941	4,387
Gesamtmittelwert rechts und links:					
7,28		4,18		4,664	

Gesamtstreuung s:

Prüfgröße 6:

- a.) 2,36 (n_1 und n_2 , rechtes Bein) 3,478
 b.) 2,030 (n_1 und n_2 , linkes Bein) 3,323
 c.) 2,528 (n_2 und n_3 , rechtes Bein) 2,262
 d.) 2,276 (n_2 und n_3 , linkes Bein) 2,096

Bei dieser Gesamtstreuung und Prüfgröße t ergibt die Varianzanalyse folgende Irrtumswahrscheinlichkeit:

für a.) unter 1% - hoch signifikant
 für b.) unter 1% - hoch signifikant

für c.) unter 5% - signifikant
 für d.) 5% - signifikant.

Übung 4

Ruhetonusbestimmung, Gegenüberstellung der Gruppen n_1 , n_2 , n_3 .

n_1		n_2		n_3	
rechts	links	rechts	links	rechts	links
3,29	4,71	3,75	5,62	4,7	3,14
14,63	9,6	5,75	8,13	5,0	3,25
7,38	5,75	4,0	2,83	5,17	4,0
10,71	10,0	4,38	5,5	7,75	3,0
14,43	8,71	4,2	3,2	5,63	4,25
13,57	21,43	3,67	3,0	4,5	3,5
5,33	4,67	8,3	4,5	10,0	4,83
6,29	12,71	19,5	15,57		
17,14	6,14	4,25	3,38		
	4,14	3,14	3,71		
		4,0	6,86		
		5,38	3,0		
		3,5	6,13		
		8,2	7,0		
		14	3,75		
		3,75			

Fallzahl

$n = 9$	$n = 10$	$n = 16$	$N = 15$	$n = 7$	$n = 7$
---------	----------	----------	----------	---------	---------

Mittelwert:

10,307	8,726	6,235	5,612	6,108	3,71
--------	-------	-------	-------	-------	------

Gesamtmittelwert rechts und links:

9,516	5,82	4,909
-------	------	-------

Gesamtstreuung s:

Prüfgröße t:

a.) 4,637 (n_1 und n_2 , rechtes Bein)	2,107
b.) 4,129 (n_1 und n_2 , linkes Bein)	1,847
c.) 3,933 (n_2 und n_3 , rechtes Bein)	2,118
d.) 4,089 (n_2 und n_3 , linkes Bein)	2,489

Bei dieser Gesamtstreuung und Prüfgröße t ergibt die Varianzanalyse folgende Irrtumswahrscheinlichkeit:

für a.) unter 5% - signifikant	für c.) 5% - signifikant
für b.) unter 10% - schwach signifikant	für d.) unter 5% - signifikant.

Übung 5

Isotonische Spannungsübung, Gegenüberstellung der Gruppen n_1 , n_2 , n_3 :

n_1		n_2		n_3	
rechts	links	rechts	links	rechts	links
76,3	70,7	85	76	45,33	30,67
77,7	74,7	87,5	73,3	65,67	69,33
72,5	52,5	79	69,7	65	49
83,5	73,5	66	78	23	43,67
54,7	47,3	92	77	62,67	51,33
74	63	71	52,33	47,67	47,33
54,3	53	89	79,8	74,67	54
62,7	47,3	84,33	79,44		
57,3	48	51,67	66,67		
	44	80,67	52		
		71,5	74,5		
		85	76		
		76,67	79		
		81	63,67		
		80,33	59		
		73			

Fallzahl

$n = 9$ $n = 10$ $n = 16$ $n = 15$ $n = 7$ $n = 7$

Mittelwert:

68,1 57,6 78,343 69,8 54,867 49,337

Gesamtmittelwertk rechts und links:

62,85 74,07 52,102

Gesamtstreuung s:

Prüfgröße t:

- | | |
|--|-------|
| a.) 10,387 (n_1 und n_2 , rechtes Bein) | 2,366 |
| b.) 10,771 (n_1 und n_2 , linkes Bein) | 2,774 |
| c.) 14,136 (n_2 und n_3 , rechtes Bein) | 1,857 |
| d.) 11,996 (n_2 und n_3 , linkes Bein) | 1,397 |

Bei dieser Gesamtstreuung und Prüfgröße t ergibt die Varianzanalyse folgende Irrtumswahrscheinlichkeit:

für a.) unter 5% - signifikant

für c.) unter 10% - schwach signifikant

für b.) unter 2% - signifikant

für d.) unter 5% - signifikant.

Übung 6

Isometrische Spannungsübung, Gegenüberstellung der Gruppen n_1 , n_2 , n_3

n_1		n_2		n_3	
rechts	links	rechts	links	rechts	links
15,3	21,3	17	25,3	9,67	9,33
71	35	27,7	23,7	24,37	38,33
72,7	58,3	51	29,7	51	33,5
62,3	53,3	75	44,5	20,67	14
51,7	17,7	18	20,33	49,67	21,33
46	44	36,67	34	61,5	39,5
29	17	52	28,6		
92	80	56	43		
66	52	32	17,5		
	19	15,7	44,7		
		66,3	56		
		48,75	64,75		
		14,75	15,25		
		79,3	70		
		67,7	46		
		15,67			

Fallzahl:

$n = 9$ $n = 10$ $n = 16$ $n = 15$ $n = 6$ $n = 6$

Mittelwert:

56,222 42,76 41,723 37,9553 36,14 31,064

Gesamtmittelwert rechts und links:

49,49 39,84 31,064

Gesamtstreuung s:

Prüfgröße t:

- | | |
|--|-------|
| a.) 22,959 (n_1 und n_2 , rechtes Bein) | 1,515 |
| b.) 18,705 (n_1 und n_2 , linkes Bein) | 0,629 |
| c.) 22,479 (n_2 und n_3 , rechtes Bein) | 1,694 |
| d.) 17,796 (n_2 und n_3 , linkes Bein) | 1,825 |

Bei dieser Gesamtstreuung s und Prüfgröße t ergibt die Varianzanalyse folgende Irrtumswahrscheinlichkeit:

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| für a.) unter 20% nicht signifikant | für c.) unter 20% nicht signifikant |
| für b.) unter 60% - nicht signifikant | für d.) unter 10% nicht signifikant |

Übung 7

Isometrische Spannungsübung, Gegenüberstellung der Gruppen n_1 , n_2 , n_3

n_1		n_2		n_3	
rechts	links	rechts	links	rechts	links
76,7	67,7	85,1	74,3	38,67	27
77,3	71,3	80	73,3	64	69,67
41	29,3	74,3	46	47	39,67
65,7	52,3	71,3	72	22,33	24,33
55,7	48,3	89,3	76	68,33	65
74,3	58,3	49,3	42,7	71,33	61,67
28,3	22,3	77,3	66,3	45,33	32,33
66	46,3	44,3	59		
40,7	31	67,3	84,3		
	57,5	74,7	35		
		34,3	59,7		
		70	51,7		
		88	85,7		
		55,7	41		
		65,3	61,7		
		42,5			
Fallzahl					
n = 9	n = 10	n = 16	n = 15	n = 7	n = 7
Mittelwert					
58,411	48,43	64,937	61,846	50,981	45,671
Gesamtmittelwert - rechts und links:					
53,42		63,39		48,326	

Gesamtstreuung s:

Prüfgröße t:

a.) 17,845 (n_1 und n_2 rechtes Bein)	0,877
b.) 16,148 (n_1 und n_2 linkes Bein)	2,034
c.) 17,907 (n_2 und n_3 rechtes Bein)	0,8233
d.) 17,649 (n_2 und n_3 linkes Bein)	0,317

Bei dieser Gesamtstreuung und Prüfgröße t ergibt die Varianzanalyse folgende Irrtumswahrscheinlichkeit:

für a.) 5% - signifikant

für c.) unter 5% - signifikant

für b.) unter 5% - signifikant

für d.) unter 5% - signifikant

Übung 8Isometrische Spannungsübung, Gegenüberstellung der Gruppen n_1 , n_2 , n_3

n_1		n_2		n_3	
rechts	links	rechts	links	rechts	links
48	43,7	68,3	52	80,67	63
87	73,3	80,33	69	75	59,67
77,7	70	79,33	76	53,33	51,33
72	63,7	73	56,5	69,67	59,53
60,7	55	35,33	35,3	37,67	41,33
52,7	49	80,3	57	48	35,5
34,3	27,3	49,3	68	60,7	51,5
92,7	81	70,7	67,3		
78,63	69,3	78	65		
	69	75	71,5		
		84,3	75,3		
		83,3	80,7		
		52,3	53,7		
		81,7	75,3		
		75,7	66		
		44,5			

Fallzahl:

$n = 9$	$n = 10$	$n = 16$	$n = 15$	$n = 7$	$n = 7$
---------	----------	----------	----------	---------	---------

Mittelwert:

66,822	60,13	69,456	64,573	60,733	51,516
--------	-------	--------	--------	--------	--------

Gesamtmittelwert rechts und links:

63,476	67,01	56,12
--------	-------	-------

Gesamtstreuung s:

Prüfgröße 6:

a.) 16,814 (n_1 und n_2 , rechtes Bein)	0,375
b.) 13,744 (n_1 und n_2 , linkes Bein)	0,791
c.) 18,378 (n_2 und n_3 , rechtes Bein)	0,628
d.) 14,718 (n_2 und n_3 , linkes Bein)	0,133

Bei dieser Gesamtstreuung und Prüfgröße 6 ergibt die Varianzanalyse folgende Irrtumswahrscheinlichkeit:

für a.) unter 60% - nicht signifikant	für c.) unter 60% - nicht signifikant
für b.) unter 60% - nicht signifikant	für d.) unter 40% - nicht signifikant

Auf den Seiten 36 bis 43 wurden die Ergebnisse der Mittelwertberechnungen einschließlich der Überprüfung durch die Signifikanzanalyse dargestellt.

Zur Erläuterung dienen die Säulendiagramme in den Abbildungen 9 und 10. In der Abbildung 10 sind auf der Ordinate die Gesamtmittelwerte ($\bar{r}_e$ und $\bar{l}_i$) einer Untersuchungsgruppe angegeben. Es zeigt sich, daß der Ruhetonus des zweigelenkigen Muskulus rectus femoris in der Gruppe der zur Verbundoperation vorgesehenen Spastiker (n_1) sehr hoch ist. Dies gilt für alle gewählten Dehnungszustände mit großer Signifikanz (Übung I: Hüfte 0° , Knie 0° ; Übung II: Hüfte 40° , Knie 20° ; Übung III: Hüfte 90° , Knie 90° ; Übung IV: Hüfte 0° , Knie 90°). Einschränkung: soweit Hüftstreckung möglich.

Die Operation vermindert den Ruhetonus um 25 bis 45%.

Dies zeigt der Vergleich mit der Gruppe n_2 - der operierten Kinder.

In der Gruppe n_3 , bei der eine Operation nach den klinischen Parametern problematisch erscheint - oder schon nicht mehr diskutiert wird - bestätigt das integrierte Elektromyogramm die klinische Entscheidung voll und ganz: Der Ruhetonus in dieser Gruppe entspricht dem der operierten Kinder.

In der Abbildung 10 zeigen die Säulendiagramme die Verhältnisse bei isotonischen (Übung V und VII) und isometrischen (Übung VI und VIII) Muskelspannungsübungen. Die verschiedenen Ausgangslagen sind in der Versuchsanordnung beschrieben.

Das mittlere EMI ist nach erfolgter Operation bedeutend höher als zuvor. Da es als Parameter für die entwickelte Muskelkraft gelten kann, darf dem operativen Eingriff eine Steigerung der Kraft bei den physiologischen isotonischen Bewegungsabläufen zugeschrieben werden. Die Aktivitätswerte in der Gruppe n_3 liegen signifikant unter der operierten Gruppe.

Die Übungen VI und VIII lassen sich nicht in die hier geschilderten Ergebnisse einordnen. Die mathematische Analyse zeigt, daß die widersprüchlichen Mittelwerte hier nicht statistisch signifikant sind. Diese isometrischen Übungen dürfen also in der späteren Diskussion nicht berücksichtigt werden.

Abbildung 9

Mittlerer Ruhetonus des M. rectus femoris in verschiedenen Winkelstellungen:

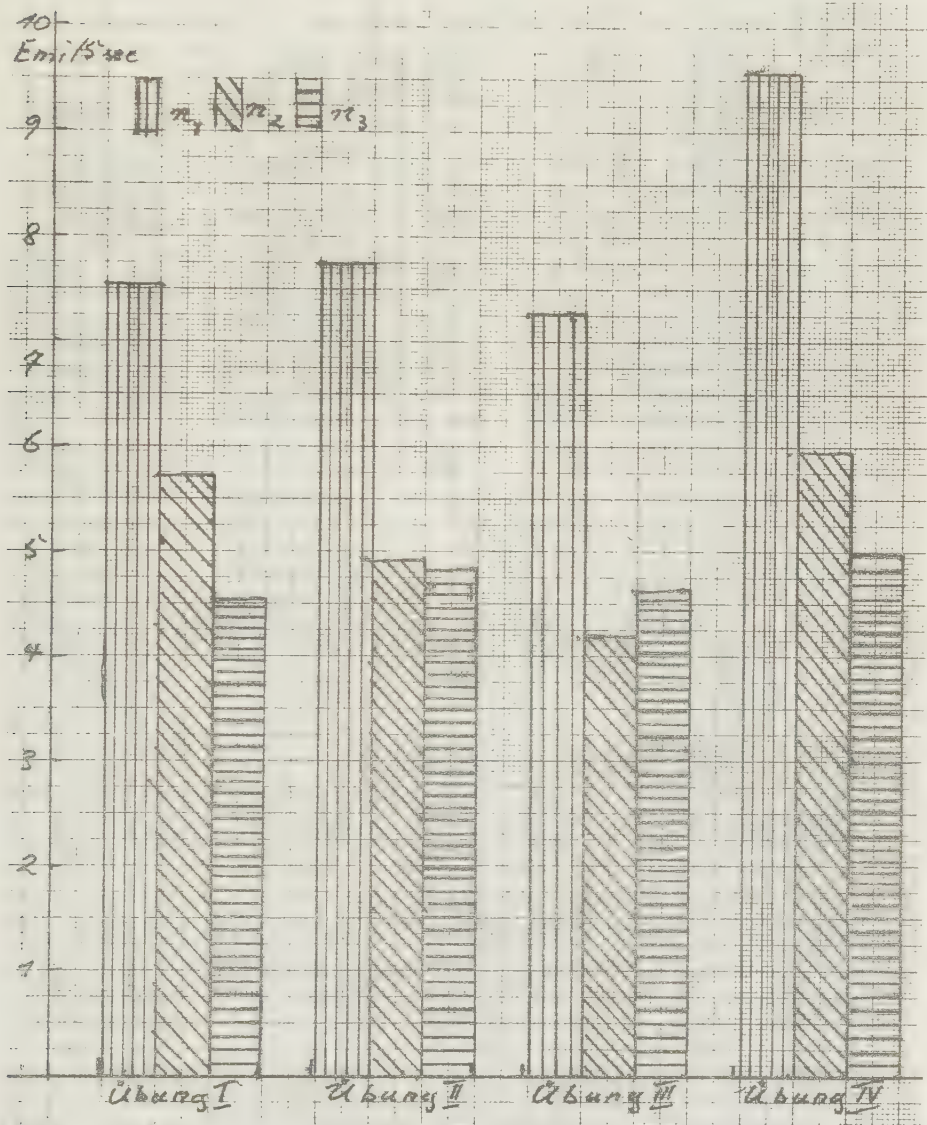
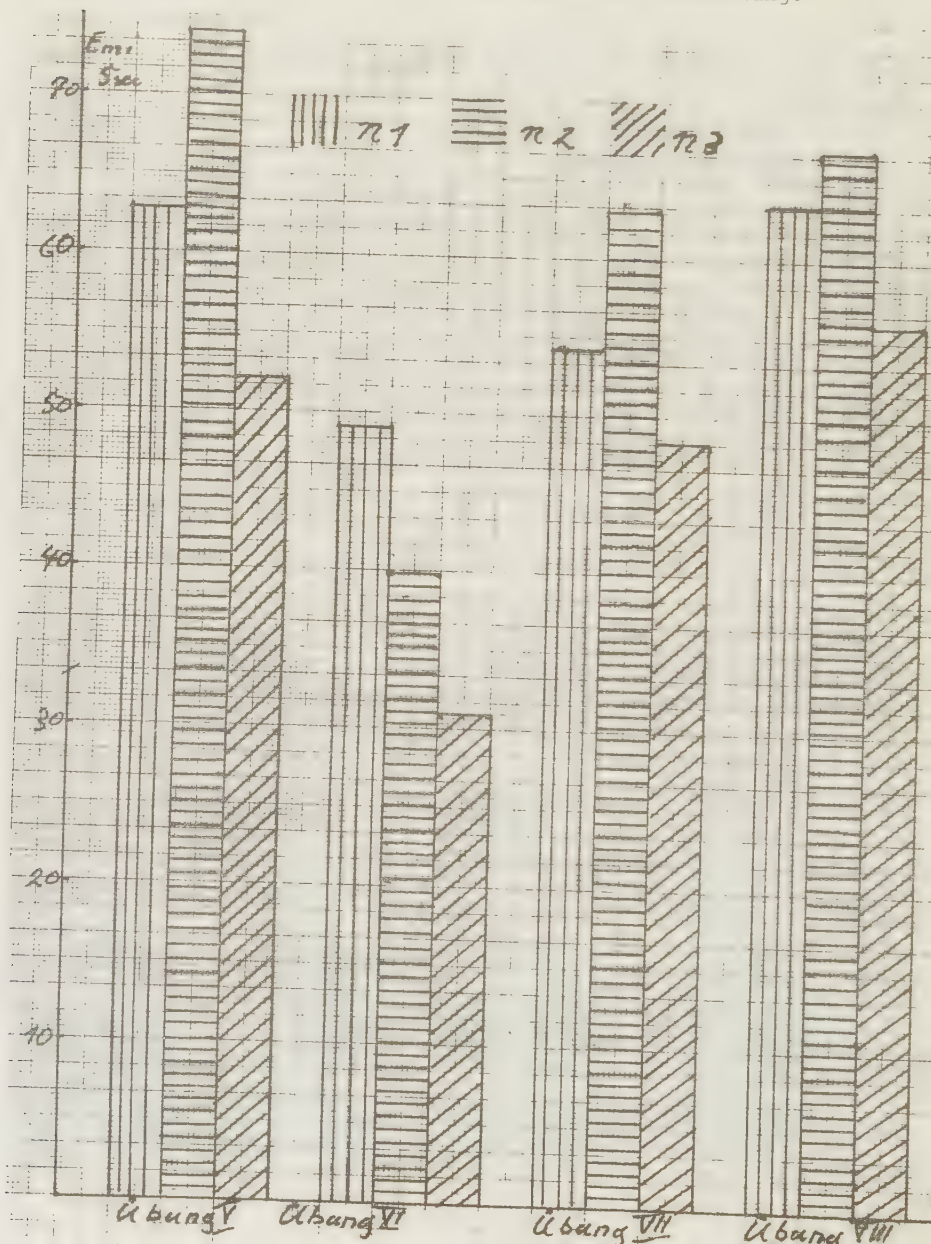


Abbildung 10

Isotonische (5 + 7) und Isometrische (6 + 8) Spannungsübungen
des M. rectus femoris bei unterschiedlicher Vordehnung:



D. D i s k u s s i o n

In unserer Arbeit wurde bei 32 Patienten die Aussagekraft der quantitativen Elektromyographie auf den Effekt der Verbundoperation zwischen Muskulus Ileopsoas und Rectus femoris überprüft. Bereits von Stotz (64) wurde die Dämpfung der Spastik durch Verbundoperation am Ileopsoas mit Nadelelektroden untersucht. Als Effekt der Operation konnte er auf eine Verminderung der ("Gamma")-Afferenz in Ruhe schließen. Entsprechend standen mehr Motoneurone für Willküraktivität zur Verfügung, so daß bei Muskelaktion die elektrische Aktivität deutlich höher lag.

Unsere vergleichenden Elektromyogramme des Ruhetonus zeigten vor der Operation eine hoch signifikante Erhöhung der quantitativen elektrischen Aktivität im Rectus femoris. Als Effekt der Operation ist ein deutlicher Rückgang der elektrischen Aktivität in Ruhe zu verzeichnen. Der Rückgang der quantitativ gemessenen Entladungsfrequenz beträgt durchschnittlich 35%. Im Gegensatz zum Ileopsoas bietet sich der Rectus femoris, infolge der oberflächlichen Lage seines Muskelbauches, für elektromyographische Untersuchungen mit Oberflächenlektroden an. Außerdem ist er nach Sauter (57) hervorragend am spastischen Geschehen beteiligt. Störfaktoren bei der Untersuchung - wie sie bei den Nadelelektroden unweigerlich auftreten - sind damit leicht zu eliminieren. Schmerz und Angst der Kinder stören die Untersuchung daher nicht. Der Elektrodenabstand kann stets konstant gehalten werden, da er durch den doppelten Radius der Klebelektrode vorgegeben ist. Die Lage der Elektroden ist durch Bestimmung einfacher Fixpunkte am Oberschenkel bei jedem Patienten leicht zu finden. Am anatomischen Präparat haben wir das Maximum des Muskelbauches auf 6/10 einer Verbindungslinie zwischen medialem Kniegelenkspalt und Spina iliaca anterior superior gefunden. Die Untersuchung ist unter diesen standardisierten Bedingungen leicht reproduzierbar und schnell durchzuführen.

Als Störfaktor kann lediglich das unterschiedlich dick entwickelte Unterhautfettgewebe wirksam werden.

Es ist interessant, daß auch ein kraftsteigernder Effekt der Operation bei den physiologisch wichtigen isotonischen Muskel-

spannungsübungen gezeigt werden konnte. Hier liegt ebenfalls ein statistischer Signifikanznachweis vor.

Die Zahl der rekrutierten aktiven Fasern geht nach der Operation in Ruhe zurück. Bei stärkeren Kontraktionen kann die frei gewordene Reserve in Anspruch genommen werden und die Entladungsfrequenz gesteigert werden. Nach Schunter (58) bedeutet dies eine Zunahme der effektiven Stärke der Muskeln. Unsere Untersuchungen bezüglich der isotonischen Muskelaktionen untermauern dieses Ergebnis. Die rekrutierbare elektrische Aktivität steigt postoperativ um durchschnittlich 15%.

Stotz (64) weist darauf hin, daß der Integrationswert allein keine Aussage über die effektive Muskelkraft erlaubt. Darauf deuten auch unsere Meßergebnisse bei den rein isometrischen Spannungsübungen hin. Hier ist kein eindeutiger Unterschied in den Integratorwerten vor und nach Verbundoperation zu erkennen. Entsprechend ist die Irrtumswahrscheinlichkeit bei der Signifikanzanalyse so hoch, daß keine signifikanten Aussagen möglich sind.

Als zufälliges Ergebnis unserer Arbeit ist ein anamnestisches Detail erwähnenswert: 70% der ICP Kinder unserer Reihe sind Frühgeburten. In der Literatur wird von zahlreichen Autoren die Frühgeburt zu den Ursachen der ICP gezählt. Die ätiologische Bedeutung wird jedoch bei allen Autoren bedeutend geringer angesetzt. Sie liegt überwiegend bei 25% - Göb (25), Lindemann (39). Hier sollten weitere statistische Erhebungen folgen und die Ergebnisse sollten in der perinatalogischen Wissenschaft stärker diskutiert werden.

Wir haben den Gruppen der operierten und der zur Operation ausgewählten Spastiker ein drittes Patientenkollektiv gegenübergestellt. Diese Gruppe besteht aus spastischen Kindern, bei denen die Verbundoperation wegen der klinischen Befunde für nicht wirksam erachtet wurde.

Außerdem sind darin Kinder enthalten, bei denen die Operationsindikation noch diskutiert wird.

Bei den Kindern dieser Gruppe liegen die Elektromyointegrale bei Ruhetonusbestimmungen und isotonischen Übungen weit unter der elektrischen Aktivität von Spastikern vor der Operation.

Durch die Elektromyointegration in unserer einfachen, standardisierten Ableittechnik kann die Indikation zur Verbundoperation untermauert werden. Das Verfahren kann hier zu einer wichtigen Ergänzung der klinischen Untersuchung werden.

E. Z u s a m m e n f a s s u n g

In dieser Arbeit wird zunächst anhand der Literatur die infantile Cerebralparese bezüglich Ätiologie, Symptomatik, Diagnose und Therapie diskutiert.

Dann folgt eine Einführung in die Grundlagen der Elektromyographie und der quantitativen Elektromyointegration.

Bei der Literaturbesprechung wird die Anwendung der beiden Untersuchungsverfahren beim Spastiker dargestellt.

Bei der Therapie wird besonders auf die Entspannungsoperationen und die Bedeutung des Rectus-Ileopsoasverbundes eingegangen.

Unsere Untersuchungen wurden an 32 Kindern mit infantiler Cerebralparese vorgenommen. Zehn Kinder wurden vor der Operation untersucht. Bei 16 Kindern war das Operationsergebnis zu beurteilen. Bei 7 Kindern wurde aufgrund der klinischen Untersuchungen ein zu erwartender Operationserfolg bezweifelt. Die Ableitung erfolgte mit Oberflächen Elektroden.

Zur Standardisierung der Ableitungsstelle über dem Muskelbauch des Rectus femoris wurden anatomische Messungen am seziierten Leichenoberschenkel durchgeführt.

Die Messungen gliederten sich in Ruhetonusbestimmungen, isotonische und isometrische Kraftübungen. Gemessen wurde mit dem Elektromyointegrator der Firma Elektro-Stephan, Bad Godesberg. Das Ergebnis der Messungen wurde der statistischen Signifikanzanalyse unterzogen.

Unsere Untersuchungen führten zu folgenden Ergebnissen:

1. Der Ruhetonus des Rectus femoris wird durch die Verbundoperation signifikant vermindert. Im Durchschnitt beträgt die Minderung des Ruhetonus 35%. Die spastische Vorspannung des Muskels ist entsprechend verringert.
2. Bei isotonischer Muskelarbeit ist postoperativ ein beträchtlicher Anstieg der elektrischen Aktivität zu verzeichnen. Dieser Wert korreliert mit einer Zunahme der Bewegungsqualität und Kraftentwicklung.
3. Bei isometrischer Betätigung läßt unsere Versuchsanordnung keine Steigerung der elektrischen Aktivität durch die Ver-

bundoperation erkennen. Hier erlaubt zudem die statistische Varianzanalyse keine signifikante Aussage.

4. Die standardisierte Oberflächenableitung des Rectus femoris erlaubt eine Unterstützung der klinischen Indikation zur Verbundoperation.

F. L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

- 1.) Adrian, F.D., W. Bronk:
The discharge of impulses in motor nerve fibres. II The frequency of discharge in reflex and voluntary contractions.
J. Physiol., London 67, 11§ (1929)
- 2.) Baumann, J.U.:
Operative Behandlung der infantilen Cerebralparesen.
Georg Thieme, Stuttgart 1970
- 3.) Benninghoff, A., K. Goerttler:
Lehrbuch der Anatomie des Menschen BdI
Urban und Schwarzenberg, München 1957
- 4.) Bernbeck, R.:
Die pathologische Femurtorsion und Coxa valga.
Z. Orthop. 1949, Bd. 78, Heft 3.
- 5.) Berry, K.:
Pathology of intrathecal phenol injection in man.
Neurology 13, 1963, S. 152-154.
- 6.) Bigland, B., Lippold, O.C.J.:
The relation between force, velocity and integrated electrical activity in human muscles.
J. Physiol. 123, 1954, 214-224
- 7.) Bleck, E.E.:
Ileopsoas recession for spastic flexion and internal rotation deformities of the hip.
Amer. Acad. cerebral palsy, Miami 1968 (Vortrag)
- 8.) Bobath, B.:
Die Grundlagen der Behandlung des cerebral gelähmten Kindes. In: E. Rossi, Diagnose und Therapie cerebraler Lähmungen im Kindesalter, Bd 1, S. Karger, Basel 1962.
- 9.) Bobath, K.:
Die Neuropathologie der infantilen Cerebralparese
Diagnose und Therapie zerebraler Bewegungsstörungen im Kindesalter. Bartmann, Frechen, 1969

- 10.) Buchthal, F.:
Einführung in die Elektromyographie
Urban und Schwarzenberg, München, Berlin 1958
- 11.) Collis, E., W.R.F. Collis, W. Durham, L.T. Hilliard,
D. Lawson:
The infantile cerebral palsy.
Thomas, Springfield III, 1957
- 12.) Deaver, G.G.:
Cerebral palsy. Methods of evaluation and treatment.
New York 1955
- 13.) Delhaz, L.:
Methods of examination of the electrical behavior of
muscles accessible by surface electrodes.
Electromyography, 3, 1963, S. 165-189
- 14.) Dimitrijevic, M., R., P. Nathan:
Studies of spasticity in man. 3. Analysis of reflex
activity evoked by noxious stimulation.
Brain 91, (1968) S. 349-368.
- 15.) Dubois-Reymond:
zitiert nach Buchthal. (Nr. 10)
- 16.) Ebner, W. R.:
Das Elektromyointegral bei spastischer Hemiplegie im
Seitenvergleich.
Inaug. Diss., München, 1970
- 17.) Eccles, J. C.:
Tonic and phasic motoneurons and the gamma-Loop.
Premier Congres International des Sciences Neurologiques,
Bruxelles 1957
- 18.) v. Eiff, A.W.:
Klinische Aspekte des Muskeltonus.
Med. Grundlagenforschung Bd. III, K.F. Bauer, Thieme 1960,
S. 67-94.

- 19.) v. Eiff. A.W., H. Göpfert, F. Pfeleiderer, Th. Steffen:
Das Verhalten des Muskeltonus und Energiestoffwechsels
bei psychologischen Testuntersuchungen.
Zschr. inn. Med., Leipzig 7, 830 (1952)
- 20.) v. Eiff. A.W., H.J.Jesdinsky, H. Jörgens:
Die Oberflächenelektromyographie in der Inneren Medizin.
Münchener Medizinische Wschr. 104, 1962, S. 789-794.
- 21.) Ewerbeck, H.:
Zerebrale Spätschäden nach Risikogeburten.
Zeitschrift für Geburtshilfe und Frauenheilk.,
Heft 10, 1971
- 22.) Fay, Temple:
zitiert nach 8.)
- 23.) Gesell, A.A., C.S. Amatruda:
Developmental diagnosis
New York, Paul B. Hoeber, 1951
- 24.) Göb, A.:
Muskelmechanische und elektromyographische Untersuchun-
gen am Hüftgelenk des Spastikers und deren praktische
Folgerungen.
Zschr. Orth. Grenzgeb. 103, 1967, S. 309-322
- 25.) Göb, A.:
Klinik und Behandlung zerebral gelähmter Kinder.
Lange, Lehrbuch der Orthopädie und Traumatologie,
Enke, Stuttgart, 1965, Bd. 2,1 S. 197 ff.
- 26.) Göb, A.:
Operationen am Knochen und Gelenken bei infantiler
Cerebralparese.
Verh. Dt. Orthop. Ges., 53. Kongr. 1966
- 27.) Göpfert, H.:
Die Aktivität der Muskulatur im sogenannten Ruhezustand.
Verh. Dtsch. Ges. Inn. Med. 56, 237 (1950)
- 28.) Hackenbroch:
zitiert nach 39.)

- 29.) Hallervorden, J.:
Entwicklungsstörungen und frühkindliche Erkrankungen
des Zentralnervensystems.
Handbuch der Inneren Medizin, 4. Aufl. Bd. V/3
Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer 1953, S. 905
- 30.) Hipps, H.E.:
An Evaluation of certain non operative methods used in
the treatment of cerebral palsy.
Phys. Therap. Rev. 32, 76 (1952)
- 31.) Hopkins, Th.W., H.V. Bice, K.C. Colton:
Evaluation and education of the cerebral palsied children.
New Jersey study, Washington, D.C.: International Council
for exceptional children, 1954
- 32.) Huth, E.:
Die Frühdiagnose der infantilen Cerebralparese.
Arch. Kinderheilk. 170, 1964, S. 110-125
- 33.) Inman, V.T., H.J. Ralston, J.B. Saunders, B. Feinstein,
E.W. Wright:
Relation of human electromyogram to muscular tension.
EEG Clin. Neurophysiol., 4, 1952, S. 187-194
- 34.) Kabat, H.:
Studies on neuromuscular dysfunction. New principles
of neuro muscular reduction.
Permanent Found Med. Bull. 5, 3, 1947
- 35.) König, E.:
Frühdiagnose und Frühbehandlung cerebraler Bewegungs-
störungen mit Demonstration von Behandlungsergebnissen.
Praxis 44, 1965
- 36.) v. Lanz, T., A. Hennig:
Die Rollwirkungen des Musculus Iliopsoas in ihrer Ab-
hängigkeit vom Schenkelhalswinkel.
Acta anat. 1955, Bd. 24, S. 5-15.
- 37.) v. Lanz- T., A. Hennig:
Rollwirkungen des Systems der membrana vasto-adductoria
am durchschnittlich geformten Schenkelbein.
Morphol. J. 1958, Bd. 99

- 38.) Levine, J.M., P.B. Jossmann:
Quantification of the electromyogram in neurospatic disorders.
Clin. Pharmacol. Ther. 5, 1964, S. 893 - 899
- 39.) Lindemann, K.:
Die Infantilen Cerebralparesen.
Thieme, Stuttgart, 1963
- 40.) Lindsley, D.B.:
Electrical activity of human units during voluntary contraction.
Am. J. Physiol. 114, 1935, S. 90-99
- 41.) Lippold, O.C.J.:
The relation between integrated action potentials in a human muscle and its isometric tension.
J. Physiol. 117, 1952, S. 492-499
- 42.) Little, W.J.:
On the nature and treatment of the deformities of the human frame.
London, 1853
- 43.) Little, W.J.:
On the influence of abnormal parturition, difficult labours, premature birth and asphyxia neonatorum on the mental and physical conditions of the child, especially in relation to deformities.
Transact. Obstetr. Society, London 3, 1862, S. 263
- 44.) Matthes, A.:
Die Infantilen Cerebralparesen.
Handbuch der Kinderheilkunde, Bd. VIII/1 hersg. von H. Opitz
Springer, Berlin 1969, S. 100-102
- 45.) Matthes, A.:
Neuropädiatrie
Georg Thieme, Stuttgart 1973, S. 316-338

- 46.) Matthias, H.H.:
Untersuchungstechnik und Diagnose der infantilen Zerebralparesen im Säuglings- und Kindesalter.
Thieme, Stuttgart, 1966
- 47.) Matthias, H.H.:
Operative Eingriffe zur Korrektur von Fußdeformitäten bei infantiler Zerebralparese.
Diagnose und Therapie zerebraler Bewegungsstörungen im Kindesalter
Bartmann, Frechen 1969
- 48.) Meyer-Eppler, W.:
Elektromyointegration, ein Geräte zur quantitativen Auswertung von Muskelaktionsströmen.
Klin. Wschr. 1956, S. 484
- 49.) Mortens, J.:
Orthopaedic operations in the treatment of children with cerebral palsy.
Danish med. Bull. Vol. 12, No 1, 1963
- 50.) Müller, J.M.:
Tonusveränderungen der Muskulatur in Nachschienen bei der infantilen Zerebralparese.
Inaug. Diss., München 1974
- 51.) Nightingale, A.:
The graphic representation of movement, Relationship between muscle Force and the EMG in the stand at ease postition.
Ann. Phys. Med. 5, 1960, S. 187-191
- 52.) Palm, F.:
zitiert nach 67.)
- 53.) Pauwels, F.:
Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates.
Springer, Berlin 1965

- 54.) Phelps, W.M., T.W. Hokins, E.Cousins:
The cerebral palsied child.
New York, Simon and Schuster 1958
- 55.) Pohl, Ö.:
zitiert nach 62.
- 56.) Roosth, H.P.:
Flexion deformities of the hip and knee in spastic
cerebral palsy. Treatment by early release of spastic
hip-flexor muscles.
J. Bone Jt. Surg. 53 A 1971
- 57.) Sauter, H.:
Elektromyointegratorische Untersuchungen der Muskel-
funktion am Bein bei der spastischen Diplegie.
Inaug. Diss. München 1970
- 58.) Schunter, C.A.:
Elektromyotonische Untersuchungen bei der infantilen
Cerebralparese vor und nach Achillotendotomie and
Bicepsverlagerung.
Inaug. Diss. München 1968
- 59.) Sherrington, C.S.:
Remarks on some aspects of reflex inhibition.
Proc. Roy. Soc. London, 97B, 519 (1925)
- 60.) Sieglbauer, S.:
Lehrbuch der normalen Anatomie des Menschen.
Urban und Schwarzenberg, Berlin-Wien, 1944
- 61.) Stoffel, A.:
The treatment of spastic contractures.
Amer. J. Orthop. Surg. 10 (1913) S. 611
- 62.) Stotz, S., J. Müller:
Tonusveränderungen der Muskulatur in Nachtschienen bei
der infantilen Zerebralparese.
Z. Orthop. 111 (1973) S. 88-92

- 63.) Stotz, S., P. Heimstätt:
Über die Rollwirkung des M. iliopsoas in Abhängigkeit von Schenkelhals- und Antetorsionswinkel bei der infantilen Cerebralparese.
Zschr. Orthop. Grenzgeb. 108, 1970, S. 229-242
- 64.) Stotz, S.:
Elektromyographische und elektromyointegratorische Untersuchungen von Funktionsstörungen im Hüftgelenksbereich bei der infantilen Cerebralparese.
Diagnose und Therapie cerebraler Bewegungsstörungen im Kindesalter, Bartmann, Frechen 1969
- 65.) Stotz, S.:
Elektromyointegratorische Untersuchungen bei der infantilen Cerebralparese.
Verhandlungen Dt. orthop. Ges. 54. Kongreß 1967, Verlag F. Enke, Stuttgart 1968, S. 115-117
- 66.) Struppler, A., H.C. Hopf:
Elektromyographie
Thieme Stuttgart 1974, S. 9
- 67.) Tardieu, G., C. Tardieu, C. Monfraix, L. Gagnard, J. Velin:
Etude critique de l'electromyographie comme methode d'evaluation des infirmités motrices cerebrales.
Etude experimentale de la relation entre la force musculaire et l'electromyographie intégrée.
Revue Neurologique, 108, 1963, S. 87-96
- 68.) Tönnis, W.:
Operative Behandlungsmöglichkeiten bei spastischen Lähmungen und Hyperkinesen.
Verh. Dt. Orth. Ges. 44, 1956, S. 186
- 69.) Uhlmann, W.:
Statistische Signifikanzkontrolle.
Teubner, Stuttgart, 1966, S. 63 ff.

- 70.) Waters, G., H.E. Hipps:
The importance of bracing in the treatment of cerebral palsy.
Phys. Therap. Rev. 29 (12) S. 542
- 71.) Webster, D.D.:
The dynamic quantitation of spasticity with automated integrals of passive motion resistance.
Clin. Pharmacol. Ther. 5, 1964, S. 900-908
- 72.) Zülch, K.J.:
Frühkindliche Hirnschäden. Behandlung und Prophylaxe.
Dt. Med. Journal 4, 1953, S. 480

L e b e n s l a u f

Am 9.12.1938 wurde ich, Werner Karl Kirsch, als 3. Kind des Kaufmannes Philipp Kirsch und seiner Ehefrau Paula in Braunschweig geboren. Nach kriegsbedingter Evakuierung Schulzeit in Detmold von 1944 bis 1958 mit Ablegung der Reifeprüfung nach Besuch des neusprachlichen Gymnasiums.

1958 bis 1963 Studium der Medizin in München und Wien.

Am 6.3.1964 bestand ich die ärztliche Staatsprüfung in München und anschließend auch das amerikanische Examen (ECFMG).

Es schloß sich die Medizinalassistentenzeit vom 1.4.64 bis 31.11.66 mit folgenden Stationen an: Pathologie bis 31.8.1965, bei Prof. Kaiserling; Chirurgie bis 31.12.65 bei Herrn Prof. Maurer im Krankenhaus Rechts der Isar in München. Ableistung der Pflichtzeit in der Inneren Medizin am Biedersteiner Krankenhaus in München (Dr. Wolfrum) und Beendigung der Ausbildung mit der Gynäkologie am Kreiskrankenhaus Freising. Anschließend Chirurgische Facharztausbildung vom 1.12.1966 bis 31.1.1973 in den Kreiskrankenhäusern Freising und München-Pasing. Zwischenzeitlich einjährige Tätigkeit als Truppenarzt bei der Gebirgsdivision.

Bis 31.4.1976 war ich als Chirurg am Kreiskrankenhaus München Pasing.

Seit 1.5.1976 arbeite ich als Oberarzt der Chirurgischen Abteilung im Kreiskrankenhaus Dinkelsbühl.

